HISTOIRE

DES

SCIENCES MATHÉMATIQUES

ET PHYSIQUES.

ECCE LABORA ET NOLI CONTRISTARI

HISTOIRE

DES

MATHÉMATIQUES

ET PHYSIQUES,

PAR

RÉPÉTITEUR DE MÉCANIQUE,
EXAMINATEUR D'ADMISSION A L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE.

TOME XII.

D'ARAGO A ABEL

ET AUX GÉOMÈTRES CONTEMPORAINS.

PARIS,

QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS, 55.

1888

TABLE DES MATIÈRES.

Seizième Période.

SEIZIÈME PÉRIODE.

(SUITE ET FIN.)

D'ARAGO né en 1786,
à ABEL né en 1802.

SEIZIÈME PÉRIODE.

(SUITE ET FIN.)

La Mécanique physique.

La Mécanique rationnelle, ou idéaliste, qui s'était fondée durant les périodes précédentes, reposait essentiellement sur les hypothèses de la dureté indéfinie des solides et du poli absolu de leurs surfaces. On y aurait adjoint, si on l'avait pu, celles de l'inextensibilité des fils ou des lames et de l'incompressibilité des fluides.

Lagrange avait mis le sceau à cette théorie par l'introduction du théorème des vitesses virtuelles où les liaisons qu'il suppose sont purement géométriques, c'est-à-dire telles qu'elles astreignent quelques points du système matériel considéré à rester à des distances invariables les uns des autres, ou à glisser, sans frottement, sur des lignes ou des surfaces indéformables.

Cette Mécanique avait suffi à l'élaboration des principales questions relatives au système du monde ; mais elle restait absolument impuissante à éclairer les innombrables questions que soulevait déjà l'emploi économique des machines dans l'industrie.

Quelques géomètres physiciens avaient bien, à la suite de Galilée, tenté d'étudier les déformations que peuvent éprouver les solides, les flexions des lames et des poutres, les extensions des cordes, ainsi que les changements de volumes des fluides; d'autres avaient entrepris parallèlement l'étude du frottement et de ses effets. Mais ces recherches diverses n'avaient encore amené aucune modification importante dans l'ensemble des idées relatives à la Mécanique, avant la période qui nous occupe. Le progrès, sous ce rapport, avait été si peu sensible que, vers 1840, c'était encore une opinion communément reçue, parmi les géomètres, que, si un corps solide reposait par plus de trois points sur un plan horizontal, la pression qu'il exercerait sur ce plan, en chacun des points d'appui, serait complètement indéterminée. Ainsi je me rappelle que, comme j'énonçais un doute à cet égard à M. Comte, en 1842, il me répondit que le problème était réellement indéterminé. J'objectai que si le plan était sensible il éprouverait bien une sensation déterminée en chacun des points par lesquels il serait pressé; mais mon observation n'obtint d'autre réponse qu'une nouvelle affirmation de l'indétermination supposée. A la vérité le chef de l'école positiviste enseignait déjà à cette époque bien d'autres opinions rétrogrades.

La question que nous venons d'indiquer présenterait encore aujourd'hui les plus grandes difficultés, alors même qu'elle serait posée dans les conditions les plus précises, mais on sait au moins maintenant, qu'elle se rapporte à une théorie définie, celle de l'élasticité, qu'on s'est empressé de mettre à l'étude.

Les progrès qu'avait surtout à faire immédiatement la Mécanique ont été réalisés par l'introduction d'une notion nouvelle, celle du travail des forces.

On nomme travail élémentaire d'une force le produit de l'intensité de cette force, exprimée en kilogrammes, par la projection, sur sa direction, de l'élément de chemin parcouru par son point d'application. Si F désigne l'intensité de la force, que s soit le chemin parcouru par son point d'application, exprimé en mètres, et α l'angle de la direction de la force avec la tangente à la trajectoire au point d'application, $F\,ds\cos\alpha$ est le travail élémentaire de la force, correspondant au temps employé au parcours de l'élément ds. Il est positif ou négatif. selon que $\cos\alpha$ est lui-même positif ou négatif, c'est-à-dire selon que la projection du chemin sur la force se fait dans le sens où agit la force ou dans le sens contraire.

$$\int_{t_0}^{t} F\,ds\cos\alpha$$

est le travail total de cette force, de l'époque t_0 à l'époque t. C'est un nombre de kilogrammètres.

Le travail d'une force, d'une époque à une autre, dépend ainsi beaucoup de la vitesse déjà acquise à cette époque par son point d'application. Si le point d'application de la force est lié à une masse considérable, il prend naturellement une vitesse peu grande, et le travail de la force est petit. Si la force considérée n'agit pas seule, son travail dépend de l'action des autres forces. Ainsi, le travail d'une force resterait nul sur un corps en équilibre. Il faut avoir toutes ces notions présentes à l'esprit pour ne pas donner un sens métaphysique au mot travail en Mécanique.

Quel que soit le mouvement d'un point matériel, la somme des travaux des forces qui y sont appliquées est égale au travail

de la résultante de ces forces. En effet, on sait que la projection sur un axe quelconque de la résultante de plusieurs forces concourantes est égale à la somme des projections sur le même axe de ses composantes ; or, si l'on prend pour axe de projection la tangente à la trajectoire au point d'application et qu'on introduise dans tous les termes de l'équation le facteur commun ds, on tombe sur le théorème énoncé.

La proposition peut d'ailleurs s'étendre du travail élémentaire au travail correspondant à un intervalle fini de temps.

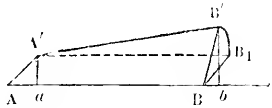
Le travail de la composante normale d'une force est toujours nul ; le travail de la force se réduit donc au travail de sa composante tangentielle. C'est, au reste, ce qui ressort immédiatement de la formule du travail élémentaire, puisque F cos α est l'expression de la composante tangentielle.

Lorsqu'on veut considérer le mouvement relatif d'un système comme un mouvement absolu, on doit en chaque point du système introduire deux nouvelles forces, la force d'inertie d'entraînement et la force centrifuge composée ; mais le travail de cette dernière est toujours nul, puisqu'elle a une direction perpendiculaire à celle de la vitesse.

Lorsqu'une force est appliquée à un corps invariable de figure, on peut en transporter le point d'application en un point quelconque de sa direction, sans que son travail change. En effet, soient AB la droite suivant laquelle agit une force F, A et B deux points de cette droite où l'on suppose la force successivement appliquée, A′ et B′ les nouvelles positions de ces points entraînés dans le mouvement du solide, enfin a et b les projections de A′ et de B′ sur AB ; les expressions du travail élémentaire de la force, selon qu'on la supposera appliquée en A ou en

B, seront $F.Aa$ et $F.Bb$; or, il est facile de voir que la limite du rapport de ces quantités est 1 ; en effet, si par le point B on mène BB_1 égal et parallèle à AA' et qu'on réunisse B_1 et B' par un arc de cercle décrit de A' comme centre, Bb sera identiquement la projection du chemin mixte BB_1B' ; mais la projection

Fig. 1.



de BB_1 sera égale à Aa et celle de B_1B' sera un infiniment petit d'ordre supérieur.

Il résulte des deux théorèmes établis dans ce qui précède que la réduction à deux des forces appliquées à un solide n'altère pas la somme des travaux des forces en jeu, quel que soit d'ailleurs le mouvement du solide ; car dans cette réduction on ne fait que composer des forces actuellement concourantes ou changer les points d'application de forces sur leurs directions. D'ailleurs, pour que les deux forces, auxquelles on pourra toujours réduire tant de forces que l'on voudra, appliquées à un solide, se fassent équilibre, c'est-à-dire pour que les forces proposées elles-mêmes se fassent équilibre, il faut et il suffit que les deux réduites soient égales et directement opposées ; mais cette condition se réduit identiquement à ce que la somme des travaux des deux réduites soit nulle pour tout déplacement quelconque du solide. Il en résulte que, « pour qu'un solide soit en équilibre, il faut et il suffit que la somme des travaux des forces qui agissent sur lui soit nulle pour tout déplacement élémentaire de ce solide. »

Ce théorème s'étend à un système quelconque, mais en subissant une modification considérable ; les forces qu'il est nécessaire de considérer ne se réduisent pas alors, en effet, aux forces extérieures données ; elles comprennent aussi les forces intérieures, généralement inconnues, qui naissent des actions mutuelles des parties du système les unes sur les autres.

Soit M un point matériel quelconque du système ; il doit être en équilibre puisque le système total y est ; la résultante des forces tant extérieures qu'intérieures qui agissent sur ce point doit donc être nulle, et son travail nul aussi ; la somme des travaux des forces qui agissent sur le même point doit donc être aussi nulle pour tout déplacement quelconque de ce point. Mais il en doit être de même en chaque point du système ; l'équilibre d'un système quelconque exige donc la nullité de la somme des travaux de toutes les forces, tant intérieures qu'extérieures, qui agissent en tous ses points, pour tous les déplacements quelconques, et indépendants, de tous les points du système. Réciproquement, si la somme des travaux de toutes les forces, tant intérieures qu'extérieures, qui agissent sur un système est nulle pour tous les déplacements imaginables de tous les points de ce système, l'équilibre existe nécessairement dans le système entier, car il existe alors en chaque point.

Les conditions d'équilibre, résumées dans cet énoncé, n'ont pas une utilité pratique immédiate, parce que les forces intérieures restent inconnues. Les travaux de quelques-unes de ces forces, telles que les forces de frottement par exemple, sont toujours à considérer. Pour un certain groupe d'autres forces intérieures, la somme des travaux, toujours très petite, redevient périodiquement nulle dans les machines industrielles ; ce sont les forces

qu'on nomme élastiques, qui naissent des pressions ou tractions exercées à la surface des corps prétendus solides, et qui tendent à leur conserver leur forme : lorsque la limite d'élasticité n'a pas été dépassée, les molécules des corps reprennent leurs distances mutuelles initiales, et la somme des travaux de leurs actions redevient nulle. En effet, l'action et la réaction égales de deux molécules placées en A et B (*voir* la figure ci-dessus), si ces molécules sont amenées en A′ et B′, ont des travaux dont les valeurs absolues sont représentées par F.Aa et F.Bb, F désignant l'intensité commune des deux forces. Tant que A′ B′ reste égal à AB, ces deux travaux sont égaux, comme on l'a vu plus haut, et leur différence, qui en est la somme algébrique, puisque les deux forces agissent en sens contraires, est nulle; mais si la distance AB s'est allongée de dr, l'arc B_1B' n'appartient plus à une circonférence décrite de A′ comme centre; la projection de cet arc sur AB n'est plus nulle, mais égale à dr; la somme algébrique des travaux des deux forces est donc $\pm F\,dr$, suivant que ces forces étaient répulsives ou attractives. Ainsi, quand un solide naturel se déforme, quoique excessivement peu, sous l'action de forces extérieures, la somme des travaux des forces intérieures qui naissent de la tendance à la déformation, cette somme n'est pas nulle. Toutefois, si la cause extérieure de déformation venant à être supprimée, le corps revient à son état primitif, un allongement est suivi d'un raccourcissement, les sommes des *travaux* produits dans les deux périodes sont égales et de signes contraires, et leur somme définitive est nulle.

Enfin, pour un troisième groupe de forces intérieures, la somme des travaux est toujours identiquement nulle; les forces de ce groupe sont celles qui naissent des appuis des parties solides

les unes sur les autres. Ces forces, normales aux surfaces en contact, fournissent en effet deux à deux une somme de travaux nulle, parce que, dans un déplacement infiniment petit du système, le plan tangent en l'un des points de contact ne s'incline sur lui-même que d'un angle infiniment petit, et que, les nouvelles positions de l'ancien point de contact pouvant être considérées comme étant dans le nouveau plan tangent, les projections des deux déplacements sur la normale commune, se réduisent à la projection, sur cette normale, de la droite qui joint l'ancien point de contact au nouveau.

Il résulte de ce qui vient d'être dit que l'équilibre d'un système de corps solides supposés indéformables et liés les uns aux autres par de simples conditions de contact, sans frottement, est assuré lorsque la somme des travaux des forces extérieures seulement est nulle pour tous les déplacements compatibles avec les liaisons de ce système. En effet, supposons que, cette condition étant remplie, le mouvement, cependant, puisse se produire, et, pour empêcher ce mouvement de naître, appliquons à chaque point matériel du système une force égale et contraire à la force d'inertie correspondante au mouvement supposé ; l'équilibre existant alors, la somme des travaux de toutes les forces extérieures, tant anciennes que nouvelles, sera nulle pour tout déplacement compatible avec les liaisons du système, et en particulier pour le déplacement virtuel qui coïnciderait avec celui qui constituera le mouvement supposé, pendant le premier instant infiniment petit ; mais la somme des travaux des forces anciennes, étant supposée nulle pour un quelconque des déplacements compatibles avec les liaisons du système, le sera pour celui que l'on suppose ; il en résulte que la somme des travaux des forces nou-

vellement introduites devrait être aussi nulle ; mais c'est ce qui ne saurait être, les composantes tangentielles de ces forces étant toutes dirigées en sens contraires des mouvements.

Ainsi dans un système à liaisons, de solides invariables pouvant glisser les uns sur les autres sans frottement, la condition d'équilibre est identique à celle de la nullité de la somme des travaux des forces extérieures seulement, pour tous les déplacements compatibles avec les liaisons de ce système.

C'est bien là le théorème de Lagrange, ou le théorème des vitesses virtuelles, mais l'analyse précédente montre à quelles restrictions il est assujetti.

Théorème du travail.

Ce théorème consiste en ce que l'accroissement de force vive d'un système matériel dans un intervalle quelconque de temps est toujours égal au double du travail total développé pendant ce temps par toutes les forces, tant intérieures qu'extérieures, qui ont agi.

Effectivement, m désignant la masse de l'un des points matériels du système, F_1 la composante tangentielle de la résultante des forces appliquées à ce point matériel, v sa vitesse et t le temps,

$$F_1 = m\frac{dv}{dt};$$

par conséquent, si s désigne le chemin parcouru par le point en question,

$$F_1\,ds = m\frac{ds}{dt}\,dv = mv\,dv;$$

d'où

$$\int_{t_0}^{t} F_1\, ds = \frac{1}{2}(mv^2 - mv_0^2),$$

mais

$$\int_{t_0}^{t} F_1\, ds$$

est le travail total de la force appliquée au point matériel considéré. Ainsi, le théorème énoncé est vrai pour un point quelconque du système : il l'est donc pour le système considéré dans son entier.

Ce théorème joue un grand rôle dans la théorie des machines.

Mécanique industrielle.

La Mécanique industrielle est la théorie des machines motrices ou des récepteurs; elle a pour objet l'étude des moyens économiques de production des forces, dans des conditions généralement assignées d'avance, telles que rapidité ou lenteur du mouvement de la pièce principale, intensité de la force produite, espace disponible, etc.

Il faut bien distinguer en effet, sous le rapport des mécanismes, les machines motrices et les machines-outils; dans les secondes, les mécanismes sont disposés en vue du genre de travail à effectuer; chaque transmission doit bien être simplifiée autant que possible, mais quelque perte qu'elle occasionne, si elle est indispensable, elle doit être conservée; au contraire, dans les machines motrices dont l'effet définitif est toujours le même, l'entretien du mouvement d'un arbre, toutes les dispositions doivent exclusivement tendre à transmettre à cet arbre, au même prix, sous des conditions données, toutefois. comme nous l'avons déjà dit, la

plus grande quantité de force disponible. Si la force emmagasinée par la machine est empruntée à un agent naturel, tel qu'un cours d'eau par exemple, dont les efforts, perdus jusqu'alors, ne coûtent rien, la question sera de recueillir la plus grande quantité possible de ces efforts.

La Mécanique industrielle ne date guère que du commencement de ce siècle et n'a commencé de prendre un corps qu'à la suite des travaux du général Poncelet, suivi bientôt, dans la voie qu'il avait ouverte, par Coriolis, Bellanger, etc. La raison de la longue enfance de cette Science est que son principe, quoique compris dans les théorèmes généraux de la Mécanique rationnelle, ne pouvait en être dégagé que très difficilement, par une sorte de divination.

Nous avons à dessein, dans ce que nous venons de dire, conservé les termes vagues de force, d'efforts, pris dans le sens industriel qu'on leur donnait au XVIII^e siècle; mais, la notion précise de ce que nous appelons aujourd'hui force d'une machine est bien loin d'y correspondre; cette notion même était restée tellement confuse il y a cent ans, qu'on discutait, sans parvenir à s'entendre, pour savoir si l'effet définitif, le travail accompli par un outil, mesurait une quantité de mouvement ou une force vive. A plus forte raison manquait-on de tout moyen de comparer les forces de deux machines motrices de genres différents, un moulin à vent, une roue hydraulique et une machine à vapeur, par exemple. Quant à évaluer les efforts perdus dans les transmissions, les forces consommées individuellement par les différentes machines-outils d'un même atelier, on n'entrevoyait aucun moyen d'y parvenir. On faisait de la Mécanique industrielle comme on avait fait de l'architecture; on établissait les machines comme on avait

construit les cathédrales, à des prix vingt, cinquante, cent fois trop élevés.

Le principe, si longtemps voilé, de la Mécanique industrielle est le principe du travail qui se déduit immédiatement du théorème des forces vives. C'est par l'intermédiaire de la notion du travail que les produits de toutes sortes de l'action des forces sont rendus comparables entre eux. C'est à l'aide de cette notion qu'on peut comparer la force d'un moteur animé, homme, cheval, âne, mulet, bœuf, etc., celle du vent sur un engin donné, celle d'un cours d'eau, celle d'une machine à vapeur, etc.; qu'on peut estimer en mètres de dentelle le chargement d'une voiture de sable, en rames de papier la vidange d'une fosse, etc. Ces exemples montrent bien quelle était l'étendue de la difficulté. Elle est entièrement levée, comme on va le voir, et d'une façon absolument satisfaisante, par le théorème du travail.

Le théorème des forces vives, qui consiste en ce que l'accroissement de force vive d'un système quelconque, dans un temps quelconque, est représenté par le double de la somme des intégrales des travaux élémentaires positifs ou négatifs des forces mouvantes ou résistantes qui ont agi, ce théorème signifie que la somme des travaux moteurs et résistants, effectués sur un système parti du repos et revenu au repos, est identiquement nulle. C'est dans cet énoncé que nous allons trouver le principe du travail, qui consiste dans l'équivalence dynamique des deux suites d'impulsions communiquées par des forces dont les travaux ont même valeur, quelles qu'aient été d'ailleurs les durées d'action de ces forces, leurs variations d'intensité, leur mode d'application, etc.

Il s'agit de démontrer, par exemple, qu'un manœuvre appliqué

à une roue, un cheval attelé à une voiture, le vent engouffré dans une voile, l'eau reçue sur une roue hydraulique, la vapeur pressant un piston, etc., ont obtenu des effets équivalents, de même prix réel, par conséquent, si les temps pendant lesquels ils ont agi sont tels que les intégrales de leurs travaux élémentaires aient en définitive même valeur.

La démonstration de ce théorème n'a jamais été présentée d'une façon bien nette, c'est pourquoi nous y insisterons. On peut la donner de deux manières différentes, soit en prouvant que les deux moteurs considérés, opposés l'un à l'autre, auraient mutuellement détruit leurs actions, soit en faisant voir qu'appliqués à une même fabrication ils eussent fourni les mêmes produits.

Pour faire l'une ou l'autre de ces deux preuves, il suffira d'imaginer entre les deux moteurs considérés d'une part, et, de l'autre, soit un même arbre, soit un même outil, deux systèmes parfaits de transmission, c'est-à-dire deux transmissions sans masse, ne consommant aucune force, n'engendrant aucun frottement.

Si l'on applique en sens contraires les deux moteurs considérés à un même arbre, par l'intermédiaire de deux pareils systèmes de transmission, et pendant les temps auxquels correspondent des travaux égaux des deux moteurs, l'effet total sera l'équilibre; l'arbre partant du repos y reviendra après quelques alternatives de mouvements dans les deux sens.

Si l'on applique les deux moteurs considérés à un même outil, à l'aide de systèmes de transmission tels que nous les avons imaginés, et sous cette condition nouvelle que les mouvements de l'outil puissent être identiques, dans chacune des expériences le travail moteur sera égal au travail résistant; les travaux

moteurs étant donc supposés égaux, le travail résistant sera le même; par conséquent, l'outil aura fait le même nombre de tours et accompli la même fabrication.

Ainsi, appliquez successivement à deux systèmes de transmission convenables d'abord un terrassier qui opérera les mêmes mouvements, de la même manière, en développant les mêmes efforts, appliqués au premier de ces systèmes, au lieu de l'être à des mottes de terre, puis un cheval qui marchera comme il marchait, tirera comme il tirait, en agissant sur le second système, au lieu d'agir sur une voiture chargée; mettez d'ailleurs les deux systèmes de transmission en communication avec un même métier Jacquard, et vous aurez le même nombre de mètres de la même étoffe, fabriqués dans des temps, il est vrai, différents. Ainsi, un moteur peut s'estimer par la quantité de travail disponible sur l'arbre qu'il met en mouvement; par conséquent, le but que l'on doit se proposer est de réduire autant que possible le prix de l'unité de travail, du kilogrammètre.

Les ingénieurs avaient, avant tout, besoin d'un instrument propre à donner la mesure du travail que pouvait transmettre une machine motrice donnée; la question a été résolue par l'invention des dynamomètres de diverses sortes qu'on emploie aujourd'hui dans les expertises. Ces appareils ont permis de juger en connaissance de cause de la valeur de chaque perfectionnement apporté à la construction soit des machines à vapeur, soit des machines hydrauliques; ils ont puissamment concouru au progrès.

Chaque machine donne des résultats variables avec les conditions dans lesquelles on la fait marcher; le maximum d'effet utile correspond toujours à une vitesse déterminée; en d'autres termes,

même parmi les machines similaires, les unes sont faites pour marcher vite et les autres pour marcher lentement. C'est une question de la plus haute importance que de déterminer la vitesse à laquelle une machine motrice doit marcher. Cette question peut être rarement résolue par des considérations théoriques, mais elle peut toujours l'être par des essais dynamométriques. En la supposant résolue, elle fournit des indications sûres soit pour l'établissement des transmissions entre l'arbre et les outils, supposés définis, soit pour la détermination du nombre et de la puissance des outils que la machine pourra faire marcher. Il faut toujours, dans tous les cas, que le travail moteur transmis à l'arbre durant l'espace d'un tour soit égal à la somme des travaux résistants utiles, qui doivent être effectués par les outils, et des travaux résistants passifs.

Or, un même outil travaillant d'une manière déterminée peut être relié à l'arbre de façons diverses, c'est-à-dire qu'il peut marcher vite ou lentement quoique l'arbre conserve la même vitesse, et il accomplira alors plus ou moins de travail par tour de l'arbre. La condition d'égalité entre les deux travaux moteur et résistant fournira les moyens de déterminer, soit la vitesse des outils, s'ils sont donnés en nombre et en puissance, soit le nombre des outils, si leur vitesse et leur puissance sont données.

L'évaluation et la réduction au minimum des travaux résistants passifs rentre aussi naturellement dans le domaine de la Mécanique industrielle; les travaux de Coulomb, complétés par ceux du général Morin, fournissent aujourd'hui des données à peu près certaines sur tout ce qui concerne le frottement, la roideur des cordes, etc.

Une autre cause notable de perte de force vive ou de travail est

l'inégalité du mouvement des pièces : toute variation brusque de vitesse produit des chocs qui, outre des déformations nuisibles, occasionnent des pertes de force vive. C'est pourquoi on évite aujourd'hui autant que possible les transmissions alternatives. Les machines à rotation continue sont les plus avantageuses ; mais il ne suffit pas que le mouvement ne s'arrête jamais et ait toujours lieu dans le même sens, il faut, autant que possible, que la vitesse soit uniforme, les changements de vitesse produisant des trépidations qui sont encore des espèces de chocs. C'est ce qui a amené à munir les arbres mus par les machines de volants d'une grande masse.

La machine et les outils qu'elle doit faire marcher étant installés, il arrivera généralement que les conditions de marche qui avaient été prévues ne devront pas être exactement observées, parce que le travail moteur ne se trouverait pas exactement égal au travail résistant. Le constructeur y pourvoira en laissant au mécanicien chef les moyens de faire varier un peu le travail moteur. Pour cela, la machine motrice sera munie d'appareils régulateurs qui permettent de faire varier la détente s'il s'agit d'une machine à vapeur, de régler la dépense ou le mode d'action de l'eau s'il s'agit d'une machine hydraulique, etc.

THÉORIE DES ONDULATIONS

Des ondes, en général.

On nomme onde, dans un milieu élastique ébranlé, le transport du lieu de l'ébranlement, du centre où il a pris naissance,

aux extrémités du corps. Une cause quelconque venant déranger de leurs positions d'équilibre les molécules d'un corps élastique en l'un de ses points, l'ébranlement se transmet de proche en proche à toute la masse, mais il ne se transmet pas instantanément ; à une époque quelconque, il est parvenu à une certaine distance du centre; un instant après, il se fera sentir un peu plus loin : c'est le déplacement du lieu des points où il est parvenu, qui constitue l'onde.

On nomme surface de l'onde le lieu des points où se fait en même temps sentir un ébranlement élémentaire, c'est-à-dire parti d'un centre unique. La surface d'une onde est sphérique dans les milieux homogènes ; elle peut être quelconque dans un milieu hétérogène.

Lorsqu'un ébranlement parti d'un point unique d'un corps se transmet dans toute la masse, chaque point ébranlé devient à son tour le centre d'un ébranlement qui se transmet aussi par ondes à toute la masse, de sorte qu'une onde, partie d'un centre unique d'ébranlement, peut cependant être considérée comme la résultante actuelle d'une infinité d'ondes émanant de tous les points où s'est fait en même temps sentir l'ébranlement, à une époque antérieure quelconque.

L'état vibratoire d'un milieu est constitué par le transport simultané des lieux de tous les ébranlements primaires et intermédiaires, ou par la superposition de toutes les ondes parties de tous les points de sa masse, à toutes les époques antérieures.

Principe de Huyghens.

Huyghens, qui a le premier appliqué utilement les idées vagues de Descartes, remarque que, pour accorder ces deux faits

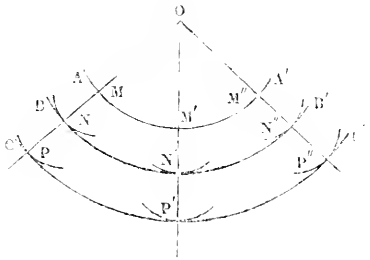
que l'onde, qui se développe actuellement, peut indifféremment être considérée comme partie du centre unique où elle a été excitée, ou comme provenant de la superposition des ondes parties simultanément de tous les points du lieu de l'ébranlement à une époque antérieure, il faut absolument admettre que ces ondes secondaires se détruisent mutuellement en tous les points autres que ceux par lesquels elles touchent leur enveloppe, c'est-à-dire la surface de l'onde primaire. Cette destruction des mouvements des ondes secondaires, excepté à leurs points de contact avec l'onde primaire, est simplement un phénomène d'interférence; chaque onde secondaire se trouve contrariée par une autre voisine dont le mouvement latéral est en sens contraire et égal. La théorie en rend parfaitement compte; mais il suffit, pour en prouver la réalité, du raisonnement de Huyghens et de la vérification expérimentale que fournit si nettement l'observation des ondes liquides.

On voit par là que le mouvement se transmet le long de la ligne, lieu des points de contact de l'onde primaire, dans sa nouvelle position, avec l'onde secondaire, qui a pris naissance au point de cette ligne situé à la surface de l'onde primaire, dans sa position antérieure infiniment voisine. Ainsi, soient O le centre d'ébranlement, AA', BB', CC', etc., l'onde primaire dans une série de positions infiniment voisines : les ondes secondaires, excitées aux points M, M', M'', ..., de l'onde AA', touchent leur enveloppe BB' en N, N', N'', ...; de même les ondes excitées en N, N', N'', ..., touchent leur enveloppe CC' en P, P', P'', ... ; le mouvement peut être considéré comme se transmettant suivant les lignes $OMNP$ ..., $OM'N'P'$ ..., $OM''N''P''$ ..., ...

Ces lignes, qui sont droites dans le cas où le milieu est homo-

gène et semblable à lui-même dans toutes les directions, peuvent être quelconques dans les milieux hétérogènes; elles prennent le nom de *rayons*. C'est d'après la longueur des parties de ces rayons qui sont parcourues dans un temps donné, que l'on estime la vitesse de propagation de l'onde. Cette vitesse est

Fig. 2



constante dans tous les sens lorsque l'onde est sphérique; elle varie dans les autres cas, avec la direction du rayon. Les rayons sont normaux à la surface de l'onde lorsque le milieu est homogène; ils peuvent lui être plus ou moins obliques dans les autres cas; etc.

Ondes liquides.

Les ondes qui se produisent à la surface d'un liquide, dont on a troublé l'équilibre, constituent le phénomène des ondulations dans ce qu'il a de plus simple, parce que le mouvement oscillatoire des molécules y est assez peu sensible pour qu'on puisse le négliger; ces ondes sont d'ailleurs perceptibles à la vue, en sorte qu'elles offriront l'avantage inappréciable de permettre la vérification des inductions de la théorie.

Un choc vif, suivi d'un retrait immédiat, communiquerait à un liquide, comme à un solide élastique ou à un gaz, un mouvement vibratoire presque insaisissable et le rendrait sonore. Les ondes dont nous voulons parler ici sont celles qu'excite la pénétration plus ou moins lente d'un corps dur dans un liquide en équilibre. Le déplacement de la courbe où s'est effectuée la pénétration est bien suivi de quelques oscillations, lentes aussi ; mais elles s'arrêtent bientôt, et le mouvement se transmet encore de proche en proche à une grande distance, lorsque déjà le repos paraît s'être rétabli au centre de l'ébranlement. Dans ce cas, le phénomène est régi par les principes élémentaires de la Mécanique : chaque molécule, chassée dans la direction d'un rayon partant du centre, chasse la molécule suivante et rentre immédiatement au repos, après avoir transmis toute la quantité de mouvement dont elle était animée.

Supposons qu'une tige soit enfoncée verticalement dans un liquide en équilibre ; l'ébranlement se transmettra de proche en proche et donnera lieu à une onde circulaire, dont la propagation se fera avec une vitesse dépendant de la nature du liquide.

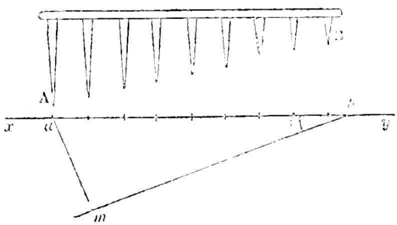
Supposons qu'on fasse descendre dans le liquide un plongeur en forme de peigne ; le point de pénétration de chacune des dents deviendra le centre d'une onde circulaire dont le rayon croîtra sans cesse, suivant une loi uniforme ; toutes les ondes, développées en même temps, auront à chaque instant une enveloppe droite, parallèle à la ligne des centres d'ébranlement, et l'on observera que les mouvements auront d'autant moins d'amplitude que les points considérés de la surface du liquide seront plus éloignés de l'enveloppe.

Enfin, supposons que le peigne se transforme en une lame rec-

tiligne; les ondes élémentaires se fondront en une seule onde linéaire, parallèle à la ligne d'ébranlement, et le mouvement paraîtra se faire uniquement dans le sens perpendiculaire à cette ligne. Cette observation justifie entièrement le principe de Huyghens.

Considérons encore le cas où l'on enfoncerait dans le liquide la tranche d'un peigne à dents inégales, mais ayant leurs pointes en ligne droite : lorsque la pointe d'une des dents pénétrera dans

Fig. 3.

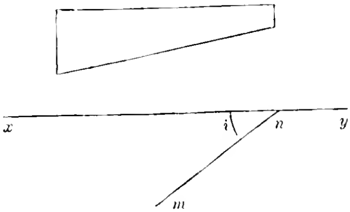


le liquide, il se formera au point de pénétration une onde, de rayon encore excessivement petit, tandis que les ondes formées aux points de pénétration des dents déjà plongées auront atteint, si le mouvement du plongeur est supposé uniforme, un degré de développement proportionnel à la distance de chacune de ces dents à la dent qui commence seulement à pénétrer. Toutes les ondes élémentaires seront alors tangentes à une droite inclinée sur la tranche du liquide le long de laquelle se sera faite la pénétration; elles se résoudront sensiblement en une seule onde rectiligne dirigée sous cette inclinaison.

Soit xy la tranche du liquide dans laquelle s'enfonce le peigne, a le centre de l'onde excitée par la dent A, Ω la vitesse de propa-

gation d'une onde dans le liquide considéré, am le rayon de cette onde au moment où la dent B commence à affleurer, t le temps écoulé entre les époques d'affleurement des dents A et B, ω la vitesse avec laquelle se déplace sur xy le point d'affleurement d'une dent : am sera donné par l'équation $am = \Omega t$ et ab le sera

Fig. 4.



par $ab = \omega t$; $\frac{am}{ab}$, ou le sinus de l'inclinaison de l'onde sur xy, sera donc

$$\sin i = \frac{\Omega}{\omega}.$$

Supposons qu'au lieu d'un peigne nous enfoncions dans le liquide une lame à tranche oblique; il en résultera une seule onde rectiligne mn, inclinée sur la ligne de pénétration xy, d'un angle i donné encore par la formule

$$\sin i = \frac{\Omega}{\omega}.$$

Le mouvement rectiligne uniforme d'un flotteur, à la surface d'un liquide, produit, par les mêmes raisons, deux ondes planes également inclinées de part et d'autre sur la ligne de sillage et la moitié de l'angle au sommet, formé par les deux ondes, est tou-

jours donnée par la formule

$$\sin i = \frac{\Omega}{\omega}.$$

ω désignant la vitesse du flotteur et Ω celle de la propagation d'une onde.

Ondes sonores.

Nous croyons devoir commencer par cette théorie, en grande partie due à Lagrange, parce qu'elle facilitera singulièrement l'intelligence de celle de Fresnel.

Chaque point d'un corps animé d'un mouvement vibratoire est à chaque instant le centre d'un ébranlement particulier, et chaque ébranlement se transmet à toute la masse, en donnant naissance à une onde de forme sphérique ou autre. En supposant, ce qui est le cas le plus simple et qui se présente toujours dans les phénomènes produits artificiellement, que la trajectoire de chaque molécule du corps vibrant soit droite, ou puisse être considérée comme droite, pendant que la molécule parcourt cette trajectoire dans un sens, elle produit, dans le prolongement de ce sens, une série d'ébranlements qui tendent à rapprocher les unes des autres les molécules situées dans cette direction; au contraire, lorsqu'elle revient en arrière, les ébranlements transmis dans le sens primitif tendent à éloigner les molécules les unes des autres.

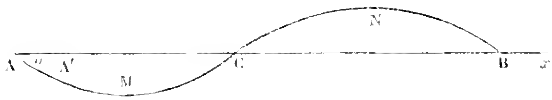
Chaque ébranlement se transmet autour du centre avec une vitesse constante Ω, et celui dont la molécule considérée était le centre, lorsqu'elle se trouvait à l'une des positions extrêmes de sa trajectoire, est déjà parvenu à une certaine distance lorsque la

même molécule revient à son point de départ. Cette distance est ce que l'on nomme la *longueur de l'onde*. Si θ désigne la durée d'une double oscillation et λ la longueur de l'onde, $\lambda = \Omega\theta$. La vitesse de propagation Ω est indépendante de la hauteur du son et égale à 341^{m} par seconde, dans l'air à 16°; la durée θ d'une double oscillation correspondant à un son perceptible varie entre $\frac{1}{32}$ et $\frac{1}{16000}$ de seconde; la longueur λ d'une onde sonore varie donc elle-même entre $\frac{341}{32}$ et $\frac{341}{16000}$ de mètre. Dans la moitié de cette longueur, l'onde est condensante, et, dans l'autre, dilatante; au milieu se trouve un nœud où la vitesse du mouvement vibratoire est nulle comme aux extrémités. Dans chaque demi-longueur de l'onde, la vitesse du mouvement vibratoire, nulle aux extrémités, croît à mesure que la tranche considérée se rapproche du milieu. Tous ces faits tiennent simplement à ce que la molécule, centre de l'ébranlement transmis, a naturellement des vitesses nulles aux points extrêmes de sa trajectoire et une vitesse maximum au milieu, qui d'ailleurs coïncide avec sa position d'équilibre avant le choc.

On peut aisément rendre compte par une figure de la loi de succession des ondes condensantes et dilatantes qui se propagent dans une même longueur d'onde. Soit AA′ la trajectoire d'une des molécules, o le milieu de cette droite; la vitesse de cette molécule, nulle en A, croît à mesure que la molécule s'avance de A en o, elle décroît de o en A′, où elle redevient nulle; elle change alors de sens, croît de A′ en o pour redécroître de o en A et redevenir nulle en ce point. Imaginons qu'en chaque point de la ligne AA′x nous élevions une ordonnée perpendiculaire, proportionnelle à la vitesse vibratoire de la surface de l'onde qui y passe à ce moment, et que nous dirigions cette ordonnée de bas

en haut ou de haut en bas, suivant que la vitesse sera dirigée de gauche à droite ou de droite à gauche : soient AB le chemin parcouru par l'onde pendant le temps nécessaire à la molécule pour aller de A en A′ et revenir en A, enfin, C le milieu de AB : à l'instant du retour de la molécule en A, la vitesse en B sera nulle, ainsi qu'en C et en A ; elle sera dirigée de gauche à droite dans la longueur CB, et de droite à gauche dans la longueur AC ;

Fig. 5.



la courbe représentative de la loi du mouvement de l'onde sera donc telle que AMCNB. Supposons que le mouvement vibratoire continue : le transport, avec la vitesse Ω, de la courbe AMCNB le long de Ax, fournira à chaque instant le tableau de l'état vibratoire du milieu, le long de cette ligne Ax, en supposant, bien entendu, que de nouveaux arcs, semblables à ceux déjà formés, s'y ajoutent en arrière, de façon que la courbe totale parte toujours de la tranche où se trouvera à chaque instant la molécule centre de l'ébranlement.

La figure géométrique de la courbe AMNB est celle d'une sinussoïde. En effet, toutes les expériences sur l'élasticité des corps tendent à prouver que la force élastique est toujours proportionnelle à l'écart, et cette loi doit être à plus forte raison conforme à la réalité rigoureuse lorsque l'écart est infiniment petit. Soit donc x la distance positive ou négative de la molécule A à sa position d'équilibre o; la force qui la pousse vers o

sera $-\frac{kx}{m}$, c'est-à-dire que son accélération sera

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -\frac{k}{m}x,$$

m désignant sa masse. Cette équation donne, en multipliant les deux membres par $2\frac{dx}{dt}$,

$$2\frac{dx}{dt}\frac{d^2x}{dt^2} = -2\frac{k}{m}x\frac{dx}{dt}.$$

Les deux membres de celle-ci sont des dérivées exactes par rapport à t, et l'intégration donne

$$\left(\frac{dx}{dt}\right)^2 = -\frac{k}{m}x^2 + \mathrm{C}.$$

Soit α la distance Ao, $\frac{dx}{dt}$ devant être nul lorsque $x = \alpha$, C doit avoir pour valeur

$$+\frac{k}{m}\alpha^2,$$

par conséquent

$$\left(\frac{dx}{dt}\right)^2 = \frac{k}{m}(\alpha^2 - x^2);$$

on tire de là

$$dt = \sqrt{\frac{m}{k}}\frac{dx}{\sqrt{\alpha^2 - x^2}},$$

d'où, en intégrant de nouveau,

$$t = \sqrt{\frac{m}{k}}\arccos\frac{x}{\alpha},$$

c'est-à-dire

$$x = \alpha \cos\left(t\sqrt{\frac{k}{m}}\right).$$

La constante est nulle, puisque $x = \alpha$ correspond à $t = 0$.

Il est facile de passer de cette loi du mouvement oscillatoire de la molécule à celle des ordonnées de la courbe AMNB des ondes qu'elle produit; en effet, l'abscisse de cette courbe est proportionnelle au temps, et son ordonnée est proportionnelle à la vitesse de la molécule; ses coordonnées sont donc

$$x = \Omega t$$

et

$$y = \alpha\sqrt{\frac{k}{m}} \sin\left(t\sqrt{\frac{k}{m}}\right).$$

son équation est donc

$$y = -\alpha\sqrt{\frac{k}{m}} \sin\left(\frac{x}{\Omega}\sqrt{\frac{k}{m}}\right).$$

On peut la simplifier en y introduisant la longueur d'onde λ et le temps d'une oscillation θ : en faisant $x = 0$ dans l'équation du mouvement de la molécule, on doit trouver

$$t = \frac{\theta}{4},$$

donc

$$\frac{\theta}{4} = \frac{\pi}{2}\sqrt{\frac{m}{k}},$$

d'un autre côté,

$$2\Omega\theta = \lambda.$$

En substituant, il vient

$$y = -\alpha\frac{2\pi}{\theta} \sin\left(\frac{4x}{\lambda}\right).$$

Interférence des ondes sonores. — Battements.

Soient A et A′ les amplitudes de deux ébranlements sonores se propageant suivant une même droite, T et T′ leurs périodes, t le temps compté à partir d'une origine choisie à volonté, θ et θ' les fractions des deux périodes vibratoires qui séparent l'origine des temps des origines de celles de ces périodes qui ont pris naissance immédiatement auparavant, au point considéré de la direction commune des deux rayons sonores : les vitesses des deux mouvements vibratoires, en ce même point, à l'époque t, seront représentées par

$$v = \text{A} \sin 2\pi\left(\frac{t}{\text{T}} + \theta\right)$$

et

$$v' = \text{A}' \sin 2\pi\left(\frac{t}{\text{T}'} + \theta'\right);$$

la vitesse du mouvement résultant sera donc

$$v = \text{A} \sin 2\pi\left(\frac{t}{\text{T}} + \theta\right) + \text{A}' \sin 2\pi\left(\frac{t}{\text{T}'} + \theta'\right);$$

on pourrait discuter cette formule directement, mais il est plus simple de réduire en apparence les deux mouvements à la même période; il suffit pour cela d'écrire v' sous la forme

$$v' = \text{A}' \sin 2\pi\left[\frac{t}{\text{T}} + \theta + \theta' - \theta + \frac{t(\text{T} - \text{T}')}{\text{TT}'}\right]$$

et de lire cette formule de manière à ne voir dans les expressions des deux vitesses, outre la différence des amplitudes, qu'une différence de phase

$$\theta' - \theta + \frac{t(\text{T} - \text{T}')}{\text{TT}'}$$

variable alors, il est vrai, avec le temps t.

On reconnaît alors immédiatement qu'à toutes les époques t où

$$2\pi\left[\theta' - \theta + \frac{t(T - T')}{TT'}\right] = 2n\pi$$

les deux vitesses, de même sens, s'ajouteront, ce qui donnera lieu à un maximum d'intensité, et qu'au contraire, aux époques déterminées par la condition

$$2\pi\left[\theta' - \theta + \frac{t(T - T')}{TT'}\right] = (2n + 1)\pi$$

elles se retrancheront; de sorte qu'il y aura interférence partielle.

Si $T - T'$ est assez petit par rapport à T et T', la valeur de t devra varier dans un intervalle un peu étendu pour satisfaire alternativement à l'une et à l'autre des deux conditions précédentes, et l'effet deviendra très sensible à l'oreille.

Il est facile de voir que les renflements du son et ses atténuations se reproduiront périodiquement à intervalles égaux; en effet, il y aura renflement lorsque t aura l'une des valeurs

$$t = (\theta - \theta')\frac{TT'}{T - T'} + n\frac{TT'}{T - T'},$$

et atténuation lorsque t aura l'une des valeurs

$$t = (\theta - \theta')\frac{TT'}{T - T'} + \left(n + \frac{1}{2}\right)\frac{TT'}{T - T'},$$

n désignant un nombre entier arbitraire.

La succession de ces renflements et amoindrissements du son constitue le phénomène des battements.

L'intervalle de deux renflements ou de deux amoindrissements du son est constant et égal à $\frac{TT'}{T - T'}$. Le nombre des battements

dans l'unité de temps est donc égal à

$$\frac{T - T'}{TT'} \quad \text{ou} \quad \frac{1}{T'} - \frac{1}{T},$$

c'est-à-dire égal à la différence absolue des nombres de vibrations complètes relatives aux deux sons.

Les battements qui accompagnent la propagation simultanée de deux sons suivant la même droite diffèrent des interférences des rayons lumineux en ce que les battements sont intermittents, tandis que l'interférence est persistante. Pour qu'il y eût interférence entre deux ondes sonores, il faudrait que leurs périodes T et T' fussent égales; la destruction mutuelle de ces deux ondes ne pourrait d'ailleurs avoir lieu qu'autant que les amplitudes seraient égales.

Théorie des ondulations lumineuses, d'après Fresnel.

La théorie des phénomènes lumineux et calorifiques est aujourd'hui fondée sur l'hypothèse des mouvements vibratoires transmis dans tous les sens par les corps lumineux ou relativement chauds à un fluide impondérable répandu dans tout l'espace, pénétrant tous les corps, auquel les partisans de cette théorie ont donné le nom d'éther. Ces vibrations se transmettraient à travers les corps diaphanes ou diathermanes; elles seraient arrêtées ou considérablement réduites par les autres. Dans cette théorie, le lieu actuel d'un ébranlement, ou la surface d'une onde, se transporterait avec une vitesse énorme, variable, d'ailleurs, avec la nature du milieu, parallèlement à elle-même si le centre d'ébranlement était assez loin pour que l'onde pût être considérée comme plane, en s'épanouissant de plus en plus,

dans le cas contraire. La transmission se ferait perpendiculairement à la surface de l'onde, mais les vibrations elles-mêmes s'exécuteraient sur cette surface. Un rayon lumineux serait la direction dans laquelle se propage un ébranlement, mais les vibrations de l'éther au point où l'ébranlement serait parvenu, sur un rayon, se feraient perpendiculairement à ce rayon.

Cette hypothèse a été si heureusement systématisée par Fresnel, et entourée par lui de preuves si convaincantes, qu'elle est regardée aujourd'hui comme à peu près hors de doute.

Les preuves proposées par cet illustre physicien sont nombreuses, et chacune d'elles pourrait à elle seule suffire à une démonstration complète. La première est tirée de la constante égalité entre les vitesses de propagation dans un même milieu de tous les rayons diversement colorés provenant de toutes les sources connues; dans la théorie des ondulations, cette constance de la vitesse de la lumière s'explique d'elle-même, puisque cette vitesse ne tient pas à la nature de l'agent, mais à celle du milieu : en effet, ce n'est plus que la vitesse de propagation des ébranlements de l'éther, et elle ne peut dépendre que de l'élasticité de ce fluide; de même que la vitesse du son dans un même milieu n'est que la vitesse de propagation des mouvements vibratoires dans ce milieu, et, par cette raison, ne dépend en aucune façon de la hauteur de la note transmise.

Cette constance de la vitesse de la lumière donnait, au contraire, lieu aux plus grandes difficultés dans la théorie de l'émission.

De même, l'annulation des propriétés chimiques de rayons qui se sont détruits par interférence n'a pas besoin d'explication dès qu'on admet la théorie des ondulations, puisque l'interfé-

rence de deux rayons est la destruction d'un ébranlement par un autre de sens contraire; tandis que, dans la théorie de l'émission, où l'interférence ne pouvait être attribuée qu'à la destruction de deux sensations l'une par l'autre, par la réunion de molécules de matière lumineuse agissant sur l'œil de façons opposées, il paraissait difficile d'expliquer comment toute action chimique cessait nécessairement avec la sensation, quelque différence qu'il y eût entre les deux genres de phénomènes.

Les phénomènes de diffraction fournissent des preuves encore plus palpables. En effet, dans l'hypothèse de l'émission, la diffraction serait due à une déviation des rayons lumineux qui, passant près de la surface du corps opaque, seraient attirés par lui. Mais cette déviation mesurée au micromètre reste toujours la même, quel que soit l'écran employé pour arrêter la marche de la lumière ; les attractions imaginées pour rendre compte de la diffraction seraient donc absolument indépendantes de la densité du corps attirant. Dans la théorie des ondulations, au contraire, l'apparition de bandes irisées, derrière un écran, résulte immédiatement de l'hypothèse même du mouvement vibratoire, et, le corps interposé n'agissant que comme écran, sa nature et sa composition restent naturellement sans influence sur l'effet produit. Dans cette dernière théorie, les vibrations perpendiculaires aux rayons se détruisent mutuellement dans l'intérieur d'un même faisceau, et c'est parce que l'interférence ne peut plus avoir lieu que du côté de l'intérieur du faisceau, pour les ébranlements correspondant aux rayons qui en forment l'enveloppe, que les bandes irisées apparaissent en dehors de la section transversale de ce faisceau.

Les curieux phénomènes d'interférence, de double réfraction

et de polarisation fournissent encore des preuves plus convaincantes, en ce que la théorie des ondulations en rend complètement compte, tandis que les partisans du système de l'émission n'ont pas même pu imaginer des raisons quelconques pour les expliquer. Mais une expérience décisive a enfin fourni un moyen irrévocable de démonstration : les deux théories de l'émission et des ondulations conduisaient forcément, la première à admettre que la lumière se meut plus vite dans les milieux plus denses, la seconde qu'elle y a une vitesse moindre ; or, on est parvenu à mesurer directement ces vitesses, et l'expérience a donné pleinement raison aux partisans de la théorie des ondulations.

On nomme surface d'une onde le lieu actuel des ébranlements transmis de proche en proche par un même ébranlement provenant de la source lumineuse. Lorsque la lumière se propage dans un milieu isotrope, c'est-à-dire identique à lui-même en tous ses points et dans toutes les directions autour de chacun de ces points, les surfaces des ondes sont naturellement sphériques et ont pour centre commun le centre même de l'ébranlement primitif; la vitesse de propagation de la lumière, dans un pareil milieu, est l'accroissement du rayon de l'onde sphérique dans l'unité de temps.

Lorsque le milieu où se propage une onde n'est pas isotrope, la figure de cette onde peut être quelconque et peut changer d'instant en instant. Le rayon lumineux n'est plus alors droit, il est brisé ou courbe, suivant que la nature du milieu change de distance en distance ou d'une manière continue.

La vitesse de propagation de la lumière en chaque point d'un milieu non isotrope est toujours le quotient du chemin parcouru

par le lieu de l'ébranlement divisé par le temps employé à le parcourir; mais cette vitesse n'est indépendante ni de la position du point où l'ébranlement est parvenu, ni de la direction dans laquelle il se propage.

Dans les cas les plus simples de milieux non isotropes, les surfaces d'ondes sont celles d'ellipsoïdes ayant pour centre commun le centre primitif de l'ébranlement et qui grandissent en restant semblables à eux-mêmes; ou celles de surfaces du quatrième ordre dont l'équation peut se ramener à la forme

$$\begin{aligned}&(x^2+y^2+z^2)(a^2x^2+b^2y^2+c^2z^2)\\&-a^2(b^2+c^2)x^2-b^2(a^2+c^2)y^2-c^2(a^2+b^2)z^2+a^2b^2c^2=0,\end{aligned}$$

l'origine étant au centre primitif d'ébranlement, qui reste encore le centre commun de toutes les ondes.

Dans ces deux cas particuliers, les rayons lumineux, lieux des points homologues des surfaces d'ondes, sont encore droits; mais la vitesse de propagation dans le sens de chacun d'eux est proportionnelle à sa longueur initiale; elle reste bien constante dans la longueur d'un même rayon, mais elle change avec la direction du rayon. Dans le cas général, le rayon lumineux devient courbe et la vitesse de propagation change continuellement dans toute sa longueur.

Aucun phénomène n'a pu donner jusqu'ici d'indications sur la forme des trajectoires parcourues par les molécules d'éther durant une vibration, mais il est naturel d'admettre, jusqu'à preuve du contraire, que ces trajectoires sont droites. Les mouvements de ces molécules sont, d'ailleurs, périodiques et isochrones, et, si on les assimile, comme il est naturel de le faire, à

ceux des molécules des corps élastiques dérangés de leur position d'équilibre, on les représentera par des équations de la forme

$$x = a \cos \frac{2\pi}{\theta} (t - \tau).$$

x désignant le chemin compté à partir du milieu de la trajectoire, τ l'une des époques où la molécule se trouvait au milieu de sa course, t le temps compté à partir de la même origine que τ, enfin θ la durée d'une vibration. Cette forme de l'équation du mouvement correspond, comme nous l'avons montré précédemment, à l'hypothèse que la force qui tend à ramener la molécule à sa position d'équilibre, c'est-à-dire au milieu de sa trajectoire, varie proportionnellement à la distance qui la sépare de ce milieu. C'est l'hypothèse la plus simple et que suggèrent toutes les expériences sur les forces dues à l'élasticité.

En l'absence d'indications contraires, les premiers fondateurs de la théorie des ondes avaient naturellement supposé que les vibrations de l'éther, comme celles des corps sonores, s'effectuaient dans la direction du rayon de propagation. Ce sont les phénomènes de polarisation qui ont amené Fresnel à admettre que les vibrations lumineuses s'effectuent, au contraire, sur la surface de l'onde propagée, c'est-à-dire dans des directions perpendiculaires à celles du rayon de propagation, lorsque le milieu est isotrope. Rien, au reste, jusqu'ici, n'a pu fournir, même dans le cas le plus simple d'un milieu isotrope, d'indications précises sur le mode de répartition des vibrations dans les divers sens offerts par les tangentes à la surface de l'onde, menées au point où la vibration rencontre le rayon. Mais la théorie du plus grand nombre des phénomènes n'exige heureusement pas l'intervention d'hypothèses précises à cet égard.

Nous avons déjà dit que, toutes choses égales d'ailleurs, la vitesse de propagation de la lumière paraît indépendante de sa couleur. Ce serait particulièrement par la durée des vibrations transmises que se distingueraient les uns des autres les rayons diversement colorés.

On nomme longueur d'ondulation le chemin que parcourt l'onde pendant la durée d'une vibration. C'est donc le produit de la durée d'une vibration par la vitesse de la lumière. La longueur d'une ondulation dépend de la nature du milieu s'il est isotrope, de la direction considérée dans ce milieu s'il est quelconque, enfin de la nature du rayon transmis, c'est-à-dire de sa couleur. Toutes choses égales d'ailleurs, la longueur d'une ondulation paraît indépendante du chemin déjà parcouru par le rayon lumineux, c'est-à-dire que, dans le même milieu, les vibrations correspondant au même rayon sont isochrones.

La vitesse de la lumière dans le vide à peu près complet qu'offrent les espaces planétaires est d'environ de 300 000 000 de mètres par seconde; elle doit être un peu moindre dans l'air à la surface de la terre; mais les expériences propres à la déterminer directement n'ont pas pu jusqu'ici fournir la correction à apporter au résultat déduit des observations astronomiques. Ce dernier résultat, au reste, comporte lui-même une certaine incertitude. Pour ces diverses raisons, les données numériques qui dépendront de la vitesse de la lumière dans l'air resteront soumises à quelques erreurs. Il ne faudrait donc pas regarder comme parfaitement sûres les valeurs que nous allons donner des longueurs d'ondulations pour les rayons de différentes couleurs. Ces longueurs résultent d'expériences interprétées par la théorie maintenant admise, à l'aide de laquelle Fresnel a rendu compte des phéno-

mènes d'interférence; ce sont, pour les différents rayons similaires, les plus petites différences entre les chemins que doivent avoir parcourus ces rayons, à partir de la source, pour interférer en se rencontrant.

COULEURS.	LONGUEUR d'ondes en millimètres.	NOMBRE de longueurs d'ondes dans un millimètre.	DURÉE D'UNE VIBRATION en secondes.	NOMBRE DE VIBRATIONS dans une seconde.
Violet..	0,000 423	2 360	0,000 000 000 000 001 41	708 000 000 000 000
Indigo..	0,000 449	2 230	0,000 000 000 000 001 49	669 000 000 000 000
Bleu....	0,000 475	2 100	0,000 000 000 000 001 58	630 000 000 000 000
Vert....	0,000 521	1 920	0,000 000 000 000 001 73	576 000 000 000 000
Jaune...	0,000 551	1 810	0,000 000 000 000 001 83	543 000 000 000 000
Orangé.	0,000 583	1 710	0,000 000 000 000 001 94	513 000 000 000 000
Rouge..	0,000 620	1 610	0,000 000 000 000 002 07	483 000 000 000 000

On voit par ce tableau, principalement dû à Fresnel, que les longueurs d'ondulation et par suite les durées d'une vibration vont en croissant du violet au rouge. On sait, d'ailleurs, que la réfrangibilité va en décroissant pour les couleurs rangées dans le même ordre. Il en résulte ce rapprochement remarquable, que la longueur d'ondulation varie en sens contraire de la réfrangibilité.

Quelles que soient les hypothèses que l'on fasse sur la direction des vibrations par rapport aux rayons lumineux, il est naturel d'admettre que, hors les cas exceptionnels, ces vibrations sont orientées semblablement dans les circonstances semblables, c'est-à-dire pour les rayons de mêmes couleurs se propageant en

lignes droites dans un même milieu isotrope, ou parcourant des trajectoires semblables dans un milieu non isotrope. Le mode d'orientation varierait, d'ailleurs, d'autant moins que la couleur du rayon et le milieu auraient subi de moindres altérations. Ce principe suffit à l'explication des phénomènes les plus simples de l'Optique, l'interférence de deux rayons semblables et parallèles, la diffraction, etc. En effet, on peut en déduire, indépendamment de toute autre hypothèse, les effets dus à la combinaison de deux ébranlements dans les circonstances spéciales qu'il est le plus utile de considérer, c'est-à-dire lorsque les deux rayons sont sensiblement parallèles et de couleurs peu différentes.

Dans ce cas, la superposition des deux mouvements vibratoires entraîne, pour la molécule soumise aux deux ébranlements, l'addition des vitesses, prises respectivement avec leurs signes. Considérons donc deux mouvements de même période θ, d'amplitudes différentes $2a'$ et $2a''$ et de phases différentes. En prenant l'origine des temps équidistante des époques où les deux mobiles seraient aux milieux de leurs courses, les équations des deux mouvements seront

$$x' = a' \cos \frac{2\pi}{\theta}(t - \tau')$$

et

$$x'' = a'' \cos \frac{2\pi}{\theta}(t + \tau'),$$

$2\tau'$ désignant l'intervalle de temps qui sépare les passages des deux mobiles par les points homologues de leurs trajectoires.

Ces équations donnent pour valeurs des vitesses à l'époque t

$$v' = -a' \frac{2\pi}{\theta} \sin \frac{2\pi}{\theta}(t - \tau')$$

et

$$v'' = -a'' \frac{2\pi}{\theta} \sin \frac{2\pi}{\theta}(t + \tau');$$

la vitesse du mouvement résultant est donc

$$V = v' + v'' = -\frac{2\pi}{\theta}\left[(a' + a'')\cos\frac{2\pi}{\theta}\tau' \sin\frac{2\pi}{\theta}t - (a' - a'')\sin\frac{2\pi}{\theta}\tau'\cos\frac{2\pi}{\theta}t\right].$$

D'ailleurs, les vitesses s'ajoutant, les espaces s'ajoutent aussi, et, par suite,

$$X = x' + x'' = (a' + a'')\cos\frac{2\pi}{\theta}\tau'\cos\frac{2\pi}{\theta}t + (a' - a'')\sin\frac{2\pi}{\theta}\tau'\sin\frac{2\pi}{\theta}t.$$

Ces équations sont celles d'un mouvement vibratoire de même période que les deux proposés et dont il est, d'ailleurs, facile de trouver l'amplitude $2A$, ainsi que la phase. En effet, si l'on pose

$$\frac{(a' - a'')\sin\frac{2\pi}{\theta}\tau'}{(a' + a'')\cos\frac{2\pi}{\theta}\tau'} = \frac{\sin\frac{2\pi}{\theta}\tau}{\cos\frac{2\pi}{\theta}\tau};$$

d'où

$$(a' - a'')\sin\frac{2\pi}{\theta}\tau' = \sin\frac{2\pi}{\theta}\tau\sqrt{(a' + a'')^2\cos^2\frac{2\pi}{\theta}\tau' + (a' - a'')^2\sin^2\frac{2\pi}{\theta}\tau'},$$

et

$$(a' + a'')\cos\frac{2\pi}{\theta}\tau' = \cos\frac{2\pi}{\theta}\tau\sqrt{(a' + a'')^2\cos^2\frac{2\pi}{\theta}\tau' + (a' - a'')^2\sin^2\frac{2\pi}{\theta}\tau'};$$

et que l'on représente par A la constante

$$\sqrt{(a' + a'')^2\cos^2\frac{2\pi}{\theta}\tau' + (a' - a'')^2\sin^2\frac{2\pi}{\theta}\tau'},$$

les équations précédentes deviennent

$$X = A\cos\frac{2\pi}{\theta}(t - \tau) \quad \text{et} \quad V = -\frac{2\pi}{\theta}A\sin\frac{2\pi}{\theta}(t - \tau).$$

Ainsi l'amplitude du mouvement résultant est

$$2\,A = 2\sqrt{(a' + a'')^2 \cos^2 \frac{2\pi}{\theta}\tau' + (a' - a'')^2 \sin^2 \frac{2\pi}{\theta}\tau'}.$$

Il est facile d'apprécier les limites entre lesquelles pourra varier A : en développant les carrés et faisant les réductions, on trouve aisément

$$A = \sqrt{a'^2 + a''^2 + 2\,a'a''\left(\cos^2 \frac{2\pi}{\theta}\tau' - \sin^2 \frac{2\pi}{\theta}\tau'\right)},$$

ou

$$A = \sqrt{a'^2 + a''^2 + 2\,a'a'' \cos \frac{4\pi}{\theta}\tau'}.$$

On voit par là que le maximum de A, qui est $a' + a''$, correspond au cas où τ' atteint sa valeur limite $\frac{\theta}{2}$; et que le minimum, qui est $\pm(a' - a'')$, répond à l'hypothèse $\tau' = \frac{\theta}{4}\cdot$ L'amplitude du mouvement résultant est donc maximum ou minimum suivant que les deux mouvements composants sont séparés dans leurs phases, par la durée d'une vibration complète, ou par la durée d'une demi-vibration, car l'intervalle des phases semblables a été représenté par $2\tau'$.

Dans le cas du minimum, A ne peut être nul, à moins que a' et a'' ne soient égaux ; c'est-à-dire que deux mouvements vibratoires de même période ne peuvent s'annuler qu'autant que leurs amplitudes sont égales. Si les amplitudes étaient différentes, la compensation ne pourrait évidemment s'établir qu'à certains instants déterminés.

Le mouvement d'une molécule d'éther correspondant à une vibration complète se divise naturellement en quatre parties

semblables (sauf les variations de signes du chemin et de la vitesse) à partir de la position d'équilibre. Dans chacun des quatre quarts, dont la durée est $\frac{\theta}{4}$, la vitesse de la molécule varie entre les limites $\pm \frac{2\pi}{\theta} a$ et o; la force vive de cette molécule, considérée comme ayant l'unité de masse, varie elle-même entre $\frac{4\pi^2}{\theta^2} a^2$ et o. La perte de force vive, de la position d'équilibre à l'écart extrême de la molécule est donc $4 \frac{\pi^2 a^2}{\theta^2}$; cette perte, qui représente le travail moléculaire dont procède l'ébranlement, peut servir de mesure à l'intensité du rayon lumineux; elle varie, comme on voit, proportionnellement au carré de l'amplitude pour tous les mouvements de même période. Si donc on désigne par i' et i'' les intensités des deux rayons correspondant aux mouvements vibratoires considérés dans ce qui précède et par I l'intensité du rayon correspondant au mouvement résultant, c'est-à-dire du rayon produit par la combinaison des deux rayons primitifs, il en résulte :

$$I = i' + i'' + 2\sqrt{i'i''} \cos \frac{4\pi}{\theta} \tau'.$$

L'intensité résultante I varie donc entre les limites

$$(\sqrt{i'} + \sqrt{i''})^2 \quad \text{et} \quad (\sqrt{i'} - \sqrt{i''})^2,$$

dont la moyenne est $i' + i''$.

Ce dernier résultat est extrêmement remarquable. Il en résulte que la clarté due à la présence simultanée de deux sources différentes est la somme des clartés qu'elles produiraient séparé-

ment. En effet, une même source subit d'instant en instant une infinité de modifications extrêmement rapides et telles que les rayons émanés de deux sources distinctes quelconques parviennent en un même point de l'espace sous des phases dont l'intervalle varie avec la plus grande rapidité. L'intensité du rayon résultant de la combinaison des rayons provenant de deux sources distinctes varie donc continuellement entre ses valeurs maximum et minimum

$$(\sqrt{i'} + \sqrt{i''})^2 \quad \text{et} \quad (\sqrt{i'} - \sqrt{i''})^2.$$

Or, l'intervalle de temps qui sépare les époques de maximum et de minimum n'est en moyenne que de 4 dixièmes d'un quatrillionième de seconde, et par suite, en raison de la persistance des impressions sur la rétine, l'éclat doit paraître conserver uniformément sa valeur moyenne $i' + i''$.

Théorie des interférences.

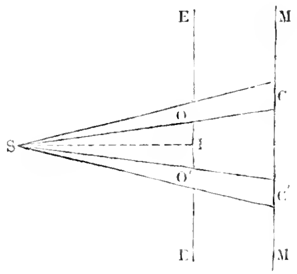
Le phénomène de l'interférence ne se produit que dans des conditions spéciales dont le concours est facile à réaliser, aujourd'hui qu'elles sont bien connues, mais qui ne se sont présentées fortuitement que très tard. C'est le docteur Young qui a, le premier, mis le fait hors de doute, par une experience décisive; l'explication en a été donnée par Fresnel; elle est fondée sur la théorie des ondulations, et s'adapte tellement bien à toutes les circonstances du phénomène, qu'elle peut, en quelque sorte, être considérée comme une démonstration *a posteriori* des principes de cette théorie.

Nous commencerons par rapporter les faits eux-mêmes; nous

en donnerons ensuite l'explication, et nous terminerons en exposant les conséquences logiques de la théorie, qui en rend si exactement compte.

Voici d'abord l'expérience de Young : une source lumineuse S, de petites dimensions, est placée à une assez grande distance sur la perpendiculaire IS au milieu de la droite qui joint les centres de deux petites ouvertures égales O et O′, percées dans un écran

Fig. 6.



opaque EE. Les deux faisceaux coniques SO, SO′ sont reçus en arrière de l'écran EE sur un autre écran parallèle MM, recouvert d'une feuille de papier blanc. Cet écran MM ne reçoit pas d'autres rayons lumineux que ceux qui proviennent des faisceaux SO et SO′. Dans la région de l'écran MM comprise entre les bases C et C′ des deux faisceaux, on aperçoit nettement des bandes rectilignes blanches, noires et coloriées, s'étendant perpendiculairement à la ligne qui joint les centres de ces deux bases. La bande du milieu est blanche; viennent ensuite de part et d'autre deux bandes noires symétriquement disposées, puis des bandes irisées où l'on peut distinguer des maxima et minima lumineux. Si l'on bouche l'une des ouvertures O et O′, la lumière

s'étend plus ou moins loin en dehors de la base C′ ou C du cône lumineux qui continue de passer, mais toutes les bandes disparaissent.

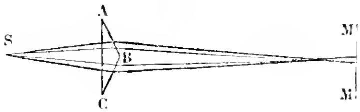
La coexistence des deux lumières, qui séparément éclaireraient une portion plus ou moins étendue de l'espace CC′, n'a donc pas partout pour effet un accroissement d'éclat. Sur la bande du milieu, les éclairements s'ajoutent; ils se détruisent sur chacune des deux bandes noires.

Il y a sur cette expérience plusieurs remarques à faire : en premier lieu, la bande blanche est placée de telle manière que les rayons diffractés qui s'y croisent ont parcouru des chemins exactement égaux à partir de la source; en second lieu, l'intervalle CC′ ne présente que deux bandes noires; les rayons qui s'y croisent ont parcouru des chemins inégaux et, en raison de leur disposition symétrique par rapport à la bande blanche, la différence absolue des chemins parcourus par les deux groupes de rayons est exactement la même. L'irisation des autres bandes pourrait tenir à la fois à deux causes distinctes; il convient donc provisoirement de ne pas s'en préoccuper.

Fresnel a d'abord reproduit l'expérience précédente dans des conditions un peu plus favorables : il plaçait une source lumineuse S en face de la grande base d'un prisme isocèle de verre ABC, dont les angles A et C étaient assez petits pour que les rayons réfractés par les faces de ces angles se rejoignissent à une certaine distance. Les résultats ont été ceux mêmes que Young avait déjà obtenus. Un écran MM étant placé au delà du point de croisement des deux faisceaux, on a pu observer sur cet écran une série de bandes parallèles aux arêtes du prisme et disposées symétriquement par rapport à la projection sur cet écran de

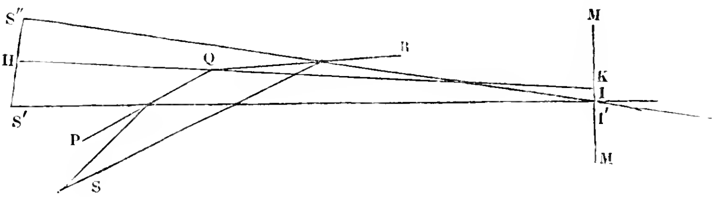
l'arête médiane B du prisme. Une bande blanche occupait le milieu du tableau; deux bandes noires se remarquaient de part et d'autre; enfin, venaient des bandes irisées. Le phénomène de

Fig. 7.



l'interférence se trouvait ainsi complètement isolé de celui de la diffraction; mais l'expérience n'était pas encore instituée de manière à fournir, ni les vérifications que Fresnel cherchait à la théorie qu'il avait déjà adoptée, ni les éléments nécessaires à la

Fig. 8.



constitution définitive de cette théorie et à ses progrès ultérieurs. Fresnel avait déjà compris que l'interférence de deux rayons similaires ne pouvait avoir lieu que sous la double condition qu'émanés en même temps d'une même source, ils eussent parcouru, avant de se rencontrer de nouveau, des chemins différant entre eux d'une certaine quantité déterminée. Il imagina alors de substituer aux réfractions éprouvées par les deux faisceaux, avant leur concours, deux réflexions qui devaient, en outre,

avoir l'avantage d'éliminer de la production du phénomène toute cause étrangère de dispersion.

Une source lumineuse S était établie dans l'angle obtus formé par les faces PQ, QR de deux miroirs mobiles, l'un par rapport à l'autre, autour d'une charnière Q, et dont l'inclinaison mutuelle pouvait être déterminée exactement. Les rayons réfléchis étaient reçus sur un écran MM, ou observés directement au moyen d'une loupe mue par une vis micrométrique; on faisait lentement tourner l'un des miroirs autour de leur arête commune Q, jusqu'à ce que les franges d'interférence devinssent aussi nettes que possible sur l'écran. Le lieu I d'une bande étant bien déterminé, il était facile d'apprécier la différence des chemins parcourus par les rayons qui venaient s'y croiser. En effet ces deux rayons pouvaient être considérés comme partis des deux images S' et S'' de la source S, et la différence S''I — S'I pouvait être obtenue très exactement de la manière suivante : l'écran MM étant disposé parallèlement à S'S'' et à la charnière Q, on mesurait la distance d, de S' ou de S'' à MM, la distance $2l$ de S' à S'', enfin, la distance a de la bande I à l'intersection K de MM par le plan perpendiculaire à S'S'' mené en son milieu H. Les deux distances S''I et S'I étaient alors représentées par

$$S''I = \sqrt{d^2 + (l + a)^2}$$

et

$$S'I = \sqrt{d^2 + (l - a)^2}.$$

Comme d était très grand par rapport à l et à a, on pouvait substituer à ces expressions les suivantes

$$S''I = d + \frac{(l + a)^2}{2d}$$

et

$$S'I = d + \frac{(l-a)^2}{2d};$$

$S''I - S'I$ pouvait donc être représenté par

$$\frac{2al}{d}.$$

Les expériences, répétées avec le plus grand soin, ont permis d'établir les lois suivantes :

1° *La différence des chemins parcourus par deux rayons se croisant sur une bande brillante est nulle ou égale à un multiple pair d'une très petite longueur* $\frac{\lambda}{2}$. 2° *La différence des chemins devient, au contraire, un multiple impair de* $\frac{\lambda}{2}$, *lorsqu'il s'agit d'une bande obscure.* 3° *La longueur* λ *dépend de la couleur des rayons transmis, et diminue lorsque cette couleur varie du rouge au violet.*

Lorsqu'on place sur le trajet de la lumière un absorbant monochromatique ou qu'on n'opère que sur des rayons homogènes pris dans un spectre, les franges colorées que fournit la lumière blanche sont remplacées par un système de franges alternativement brillantes et obscures, qui paraissent à l'œil exactement équidistantes. Le milieu du tableau, sur l'écran, est toujours occupé par une frange brillante, également distante des deux images S' et S'' du point lumineux. Les distances des franges latérales à la frange centrale augmentent à mesure qu'on éloigne l'écran sur lequel elles se projettent, et que l'angle des deux miroirs approche davantage de 180°. Enfin, si les rayons expérimentés passent du rouge au violet, la largeur des bandes observées diminue.

L'explication de ces curieux phénomènes, que les partisans du système de l'émission avaient été réduits à faire dépendre d'une propriété *ad hoc* de la rétine, résulte, au contraire, simplement, de l'hypothèse des ondulations, et en fournit même une démonstration saisissante. On conçoit, en effet, très aisément que l'opposition complète de deux mouvements vibratoires similaires en amène la destruction, que leur discordance partielle amoindrisse l'un et l'autre, et que leur concordance, au contraire, les amplifie. De sorte que, l'effet produit dépendant de l'intensité du mouvement vibratoire résultant, les trois circonstances supposées doivent correspondre à une extinction complète, à une diminution ou à un accroissement d'éclat. L'équidifférence, rigoureusement constatée, des intervalles des chemins parcourus par les rayons qui interfèrent ou par ceux qui se renforcent mutuellement, complète la démonstration.

Quelle que soit l'hypothèse qu'on voudra faire sur le sens dans lequel s'effectuent les vibrations excitées par un rayon de lumière, on doit toujours supposer que celles qui correspondent à des rayons parallèles s'exécutent elles-mêmes dans des directions parallèles, et que, si les rayons se croisent sous un très petit angle, les vibrations auxquelles ils donnent lieu sont elles-mêmes peu inclinées les unes sur les autres. Si, d'ailleurs, les deux rayons expérimentés sont de même couleur et de même éclat, les deux mouvements vibratoires correspondants doivent avoir à la fois même période et même amplitude; ils ne pourront donc plus différer que de phase. Or, s'ils sont de phases absolument contraires, ils se détruiront complètement; s'ils sont exactement de même phase, ils s'ajouteront sans déperdition aucune; enfin, s'ils sont de phases quelconques, l'une par rapport à

l'autre, ils s'éclipseront en partie. Mais le mouvement vibratoire périodique qui se propage dans la direction d'un rayon lumineux se retrouve dans des phases identiques, en tous les points de ce rayon, séparés les uns des autres par la distance que parcourt la lumière dans le temps que dure une vibration complète. Suivant donc que deux rayons, émanés en même temps de la source, auront parcouru, avant de se rencontrer de nouveau, des chemins différant entre eux de multiples pairs ou impairs de la demi-longueur d'ondulation, les vibrations correspondantes se trouveront, au point de concours, dans des phases complètement identiques ou exactement contraires, et si, d'ailleurs, les deux rayons sont presque parallèles, les mouvements vibratoires correspondants auront même direction ou seront opposés; il y aura donc addition ou soustraction d'effets.

On a vu que l'amplitude A du mouvement résultant de deux mouvements d'amplitudes $2a$ et $2a'$ et de phases différentes ne saurait être nulle, à moins que les amplitudes a' et a'' des mouvements composants ne soient égales. C'est ce qui explique cette particularité singulière, que l'interférence de deux rayons lumineux ne peut jamais se produire qu'autant que ces deux rayons soient émanés en même temps de la même source.

On conçoit maintenant que, de la belle expérience de Fresnel, on ait pu déduire, en y apportant les soins convenables, la mesure de la longueur λ d'une onde, pour chaque genre de rayons. La vitesse de la lumière, commune à tous les rayons du spectre, étant connue, on a pu connaître aussi les durées des vibrations correspondantes aux différentes couleurs.

Le mode d'expérience décrit plus haut est tellement parfait et se prête tellement bien à des approximations presque indé-

finies, que Fresnel a même pu en déduire, à l'aide d'une modification très simple, le moyen de comparer les vitesses de la lumière dans les différents milieux transparents et de constater, contrairement au principe auquel avaient été amenés les partisans de la théorie de l'émission, que la marche d'un rayon lumineux est d'autant plus rapide que le milieu qu'il traverse est moins réfringent. Il a suffi, pour arriver à ces résultats, d'interposer une lame mince, à faces parallèles, de la substance transparente à essayer, sur la marche de l'un des rayons qui devaient interférer. Le lieu I d'une bande d'interférence (*fig.* 8) ayant été exactement déterminé et la distance KI de cette bande à la ligne d'intersection de l'écran avec le plan perpendiculaire au milieu de la ligne des images S′ et S″ de la source S ayant été mesurée avec précision, on place la lame transparente à essayer normalement au rayon S′I qui avait le moins de chemin à faire : la bande se transporte en un point I′ plus éloigné du point K. Ce fait prouve déjà que le rayon S′I a été retardé, puisque la différence des chemins que les deux rayons ont dû parcourir pour se trouver dans des phases opposées, à leur point de concours, a elle-même augmenté. D'ailleurs, en mesurant avec soin la distance II′, on pourra en conclure le rapport des vitesses de la lumière dans l'air et dans la substance de la lame. En effet, on a vu plus haut que la différence des chemins S″I, S′I était représentée par $\frac{2al}{d}$, d désignant la distance de S′S″ à MM, $2l$ la distance S′S″ et a la distance IK; la différence des temps employés par les deux rayons à parcourir ces deux chemins est donc $\frac{2al}{dV}$, V désignant la vitesse de la lumière dans l'air; si donc les deux

rayons sont dans des phases opposées, à leur point de concours, on a

$$\frac{2al}{dV} = (2K+1)\frac{\theta}{2}; \tag{1}$$

d'un autre côté, les chemins S″I′ et SI′ sont représentés respectivement par $d + \frac{a'l}{d}$ et $d - \frac{a'l}{d}$; le premier étant parcouru dans l'air, le temps employé à le parcourir est

$$\frac{d + \frac{a'l}{d}}{V}.$$

Quant au second, si l'épaisseur de la lame est δ, il se divise en deux parties, l'une

$$d - \frac{a'l}{d} - \delta,$$

parcourue dans l'air, et l'autre δ parcourue dans l'intérieur de la lame; le temps employé pour le parcourir est donc

$$\frac{d - \frac{a'l}{d} - \delta}{V} + \frac{\delta}{V'};$$

V′ désignant la vitesse de la lumière dans la substance de la lame; la différence des temps employés par la lumière à parcourir les deux chemins SI′ et S′I′ est donc

$$\frac{d + \frac{a'l}{d}}{V} - \frac{d - \frac{a'l}{d} - \delta}{V} - \frac{\delta}{V'},$$

ou

$$\frac{2a'l}{dV} + \frac{\delta}{V} - \frac{\delta}{V'},$$

et si l'on suppose que les franges aperçues en I et en I′ se correspondent, on a aussi

$$(2) \qquad \frac{2a'l}{dV} + \frac{\delta}{V} - \frac{\delta}{V'} = (2K + 1)\frac{\theta}{2}.$$

Cela posé, les deux équations (1) et (2) donnent immédiatement

$$\frac{2(a' - a)l}{dV} + \delta\left(\frac{1}{V} - \frac{1}{V'}\right) = 0;$$

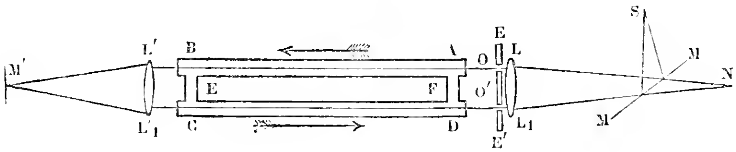
d'où

$$\frac{2(a' - a)l}{d} = \delta\left(\frac{V}{V'} - 1\right),$$

équation qui fera connaître $\frac{V}{V'}$. Fresnel a reconnu, comme la théorie des ondulations le faisait prévoir d'ailleurs, que le rapport $\frac{V}{V'}$ est toujours égal à l'indice de réfraction de la lame expérimentée. Le même procédé a encore permis de constater l'influence qu'exerce sur la vitesse de propagation de la lumière un mouvement de transport dans le même sens ou en sens contraire du milieu matériel où se propagent les ondes lumineuses. L'expérience est due à M. Fizeau, qui a constaté que la vitesse de propagation d'un faisceau lumineux dans un milieu qui se déplace est plus grande ou plus petite que dans le même milieu en repos, suivant que le faisceau descend ou remonte le courant, et que la différence augmente avec la vitesse de transport du milieu. L'effet, très peu sensible avec l'air, est, au contraire, très prononcé avec l'eau. Voici comment l'expérience a pu se faire : deux lentilles convergentes LL_1 et $L'L'_1$ étant placées de manière que leurs axes fussent en prolongement, et une glace réflé-

chissante MM étant fixée en dehors de la ligne des centres de ces deux lentilles, du côté de L par exemple, on établissait une source de lumière au point S symétrique par rapport à MM du foyer principal N de la lentille LL_1; les rayons tombant sur la glace MM étaient réfléchis en partie vers la lentille LL_1, la traversaient, en émergeaient parallèlement à l'axe, se dirigeaient vers la lentille $L'L'_1$, qu'ils traversaient à son tour, venaient concourir en son foyer où ils étaient réfléchis par un miroir

Fig. 9



opaque M et reprenaient chacun la marche inverse de celle de son symétrique par rapport à l'axe. Le faisceau cylindrique émergeant de la lentille LL_1 étant divisé par un écran ne présentant que deux petites ouvertures O et O', il s'établissait deux courants lumineux simultanés, en sens contraires, le long du circuit $NL_1O'L'_1M'L'OLN$, car la glace transparente MM pouvait être traversée à leur retour par les rayons qui s'étaient une première fois réfléchis à sa surface. Si les deux courants contraires se propageaient dans l'air ou dans un milieu diaphane en repos, les éclats s'ajoutaient au point N, puisque les rayons qui parvenaient en ce point avaient parcouru des chemins égaux dans des circonstances identiques; mais si, au contraire, on établissait le long du double courant un circuit rectangulaire ABCD formé de deux tuyaux AB, CD, fermés à leurs extrémités par des lames transparentes, et de deux autres tuyaux de raccord

E, F, et qu'à l'aide d'une pompe et par l'intermédiaire d'un robinet à double voie, on entretînt dans ce circuit un courant d'eau très rapide, le point le plus éclairé de l'écran N s'écartait de l'axe commun de deux lentilles, dans une direction telle que le faisceau qui avait descendu le courant eût plus de chemin à faire pour y parvenir que celui qui l'avait remonté, et l'écart augmentait à mesure que la vitesse du courant d'eau augmentait elle-même.

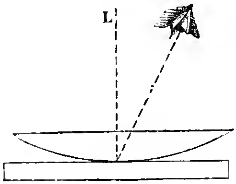
La théorie des interférences constitue non seulement la base même de l'Optique synthétique, dont elle a fourni les principes les plus généraux; mais elle intervient encore directement dans l'explication d'un grand nombre de phénomènes incompréhensibles sans son secours. Nous mentionnerons ici spécialement la formation des anneaux autour du point de contact de lames minces, qui en est une conséquence immédiate.

Anneaux réfléchis.

Lorsque, sur une feuille plane de verre, on pose par sa face convexe une lentille plan-convexe d'un très long foyer, l'œil placé de manière à recevoir les rayons d'une source L, réfléchis dans une direction presque normale, aperçoit autour du point de contact une série d'anneaux circulaires diversement colorés, dont le centre commun est occupé par une tache noire suivie d'un anneau blanc. Si l'on écarte l'œil de la normale, les anneaux prennent la forme elliptique sans que l'ordre de leurs colorations soit changé. Le même phénomène se reproduit, dans une foule de circonstances, sous des formes moins régulières, toutes les

fois qu'une lame mince transparente peut envoyer simultanément à l'œil des rayons réfléchis sur ses deux faces. Les bulles de savon, les lames très minces de verre soufflé, une couche d'huile

Fig. 10.



répandue à la surface de l'eau, ou une couche d'acide déposée sur un métal, les follicules superficielles d'un grand nombre de cristaux naturels, les écailles de certains poissons, etc., en fournissent des exemples communs.

Anneaux transmis.

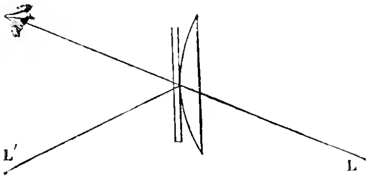
Le même phénomène se reproduit dans des conditions analogues, quoique sous des couleurs moins vives, lorsque l'appareil est placé entre l'œil et le point éclairant L; mais le centre est alors occupé par une tache blanche. Si l'on éclaire à la fois l'appareil des deux côtés, au moyen de lumières d'égale intensité, toute trace de coloration disparaît, les anneaux réfléchis et transmis se neutralisent, c'est-à-dire qu'ils sont exactement complémentaires.

L'explication de ces phénomènes est très simple :

L'épaisseur de la lame d'air interposée entre les deux surfaces

réfléchissantes de l'appareil peut être obtenue aisément par une formule élémentaire. L'équation de la section circulaire faite dans la lentille, rapportée à la normale et à la tangente au point de contact est $x^2 + y^2 - 2Ry = 0$, si R est le rayon de cette

Fig. 11.



section, mais l'épaisseur cherchée y étant très petite, on peut réduire cette équation à

$$x^2 = 2Ry;$$

d'où

$$y = \frac{x^2}{2R};$$

quant aux diamètres des anneaux réfléchis ou transmis, on peut les obtenir en plaçant l'appareil sur un support mobile au moyen d'une vis micrométrique, et mesurant le déplacement nécessaire pour amener successivement les deux extrémités d'un diamètre de l'anneau considéré, dans le prolongement de l'axe d'une lunette fixe.

Cela posé, on peut vérifier aisément les lois suivantes :

1° Les anneaux fournis par une lumière homogène sont alternativement brillants et obscurs et beaucoup plus nombreux que ceux que fournit la lumière blanche;

2° L'épaisseur de la lame mince le long du contour moyen

d'un anneau brillant produit sous l'incidence normale est un multiple impair du quart de la longueur d'ondulation;

3° L'épaisseur le long du contour moyen d'un anneau obscur est un multiple pair du quart de la même longueur d'ondulation;

4° Les diamètres des anneaux diminuent lorsque la source passe du rouge au violet;

5° Si l'on change la substance de la lame mince, l'épaisseur correspondant à un anneau de même rang varie en raison inverse de l'indice de réfraction de la substance employée; les longueurs d'ondulation qu'il faut prendre pour appliquer les lois 2 et 3 sont donc celles qui se rapportent aux milieux par lesquels la lame mince est constituée; le rapport des indices de réfraction de deux substances est, en effet, égal à celui des vitesses de propagation de la lumière dans ces deux substances, et, par suite, au rapport des longueurs d'ondulation;

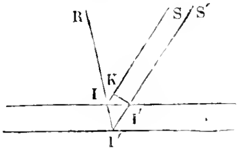
6° L'épaisseur correspondante à un anneau augmente proportionnellement à la sécante de l'angle que fait avec la normale à la lame mince le rayon réfracté dans son intérieur.

La première explication de ces phénomènes a été donnée par le docteur Young. Les anneaux réfléchis sont produits par l'interférence des rayons réfléchis sur les deux surfaces de la lame; les anneaux transmis sont dus à l'interférence des rayons transmis directement avec les rayons réfléchis deux fois dans l'intérieur de la lame.

Soient SI un rayon réfléchi en partie suivant IR, dans le verre, à la première surface de la lame d'air, un autre rayon S'I' pourra pénétrer en partie dans la lame en s'y réfractant, se réfléchir en I'' dans l'air sur la seconde surface de cette lame, enfin

parvenir en I, où il subira une réfraction inverse de la première, de manière à se confondre avec le rayon IR, avec lequel il interfèrera plus ou moins complètement, selon la longueur du chemin

Fig. 12.



parcouru en plus par le rayon S′I′I″IR. Lorsque l'incidence est à très peu près normale, la différence des chemins parcourus par les deux rayons est le double de l'épaisseur de la lame, soit $2e$; la condition d'interférence serait donc

$$2e = (2p+1)\frac{\lambda}{2}$$

et la condition pour que les éclats s'ajoutassent

$$2e = 2p\,\frac{\lambda}{2},$$

p désignant un nombre entier arbitraire. C'est le contraire que l'on observe; mais cette contradiction apparente s'explique aisément si l'on admet, conformément à des exemples fournis par l'étude des ondes sonores, que la réflexion qui se produit en I″ à la surface du verre, mais dans l'air, est accompagnée d'un changement de signe dans la vitesse, changement de signe qui n'aurait pas lieu à la réflexion en I dans le verre. Cette théorie fondée, comme on le voit sur l'hypothèse que la réflexion de la lumière sur la surface d'un milieu plus réfringent, et dans un

milieu moins réfringent, est accompagnée d'un changement dans le signe de la vitesse, cette théorie pourrait paraître peu sûre, mais l'hypothèse sur laquelle elle repose est confirmée par un fait concluant : si, dans l'appareil considéré d'abord, on remplace la lame d'air par un liquide dont l'indice de réfraction soit compris entre ceux de la lentille et du plan de verre, formés alors l'un de flint et l'autre de crown, par exemple, les deux réflexions se font dans l'intérieur d'un milieu plus réfringent à la surface de séparation de ce milieu avec un autre moins réfringent, ou inversement; il n'y a alors aucun changement de signe dans la vitesse, ou il y en a deux, ce qui revient au même, et les conditions théoriques d'interférence ou de renforcement

$$2e = (2p+1)\frac{\lambda}{2} \quad \text{et} \quad 2e = 2p\,\frac{\lambda}{2}$$

se trouvent confirmées par l'observation. Au reste l'hypothèse en question a été vérifiée directement par Fresnel, dans son expérience dite des trois miroirs, où l'on fait interférer deux rayons partis d'une même source, qui ont parcouru des chemins égaux, mais qui ont subi, l'un, deux réflexions et l'autre, une seule.

Lorsque l'incidence n'est plus normale, il faut, dans l'estimation de la différence des chemins parcourus par les deux rayons, qui doivent toujours être émanés de la source à un même instant. tenir compte du chemin IK que le rayon SI a dû parcourir en plus que le rayon S'I' avant d'arriver à la surface supérieure de la lame. La différence des chemins est alors $2\,\mathrm{I'I''} - \mathrm{IK}$; mais le chemin IK ayant été parcouru dans l'air, où la vitesse de propagation est plus grande, il faut le diminuer proportionnellement à l'indice relatif de réfraction de la substance de la lame. La

condition d'interférence, en tenant compte du changement de signe de la vitesse en I, est alors

$$2\,I'I'' - \frac{1}{n}\,IK = 2p\,\frac{\lambda}{2},$$

p désignant l'indice relatif de réfraction de la lame.

Si les rayons SI, S'I' font avec la surface supérieure de la lame des angles égaux à $\frac{\pi}{2} - i$, de sorte que $SIK = 2i$, le rayon réfracté $I'I''$ fait avec la normale un angle r déterminé par la relation

$$\frac{\sin i}{\sin r} = n;$$

or, e désignant toujours l'épaisseur de la lame,

$$II'' = \frac{e}{\cos r}$$

et

$$KI = II' \sin i = 2e \operatorname{tang} r \sin i = 2ne\,\frac{\sin^2 r}{\cos r};$$

la condition d'interférence devient donc

$$\frac{2e}{\cos r} - 2e\,\frac{\sin^2 r}{\cos r} = 2p\,\frac{\lambda}{2}$$

ou

$$2e \cos r = 2p\,\frac{\lambda}{2}.$$

L'explication des anneaux transmis est entièrement analogue : le rayon transmis directement et le rayon réfléchi deux fois à l'intérieur de la lame suivent la même direction après leur émergence définitive; les deux changements de signe produits par les deux réflexions se compensent; les conditions d'interférence ou de

concours sont donc

$$2e\cos r = (2p + 1)\frac{\lambda}{2}$$

et

$$2e\cos r = 2p\frac{\lambda}{2}.$$

Les anneaux transmis ont très peu d'éclat, parce que la portion réfléchie d'un rayon qui tombe sur la surface d'un corps transparent est toujours très faible par rapport à la portion réfractée. Enfin, comme toute la lumière qui n'est pas réfléchie est transmise, les anneaux réfléchis et transmis doivent être exactement complémentaires.

On voit, comme nous l'avions annoncé à l'avance, que la théorie des interférences des ondes lumineuses ne diffère pas essentiellement de celle des interférences des ondes sonores. Toutefois, tandis que nous avons dû nécessairement, dans l'étude du résultat du concours de deux ondes sonores, supposer habituellement les périodes différentes, nous avons pu dans l'étude des phénomènes dus au concours de deux ondes lumineuses, nous borner à l'examen du cas où la période vibratoire serait la même.

Il importe de justifier cette différence dans les modes d'examen.

La période vibratoire d'une onde sonore dépend bien de la hauteur du son produit, comme la période vibratoire d'une onde lumineuse dépend de la couleur du rayon transmis.

Mais, d'une part, toutes les couleurs sont comprises dans la lumière blanche, de sorte que, dans le concours de deux rayons blancs, on peut voir les concours simultanés de rayons de toutes

couleurs, tandis qu'un rayon sonore ne transmet jamais qu'une seule série de sons, et que les diverses séries de sons qui peuvent coexister sont discontinues entr'elles; d'autre part, aucune question importante n'a donné encore lieu à l'étude du rayon résultant de la combinaison de deux rayons de couleurs différentes, tandis que, au contraire, les sensations perçues par l'oreille sont presque constamment dues à la superposition de sons simultanés n'ayant entr'eux aucun rapport et provenant, la plupart du temps, de sources entièrement différentes.

Autrement : En optique, l'hypothèse d'une différence arbitraire dans les phases des mouvements vibratoires coexistants fournissait un champ d'études suffisant, jusqu'ici; tandis qu'en acoustique il a fallu y joindre celle d'une différence quelconque dans les durées des périodes vibratoires.

De la lumière polarisée.

S'il était possible de réduire par la pensée la cause d'un ébranlement de l'éther à une simplicité absolue, on ne pourrait lui concevoir d'effet immédiat que sur une seule molécule du fluide. et cet effet élémentaire ne pourrait évidemment se propager que dans une seule file de molécules. Mais un ébranlement central qui se propage de proche en proche sous forme d'onde agit en même temps sur une infinité de molécules infiniment voisines, de même qu'une détonation met simultanément en mouvement une infinité de molécules du gaz au milieu duquel elle se produit. Aussi un ébranlement quelconque se propage-t-il toujours dans toutes les directions et donne-t-il lieu à la naissance d'une infinité de rayons. La multiplicité des directions de l'ébranlement

n'existe pas seulement, d'ailleurs, au centre même d'où il est parti, c'est-à-dire au lieu même occupé par la source; elle se perpétue en chaque point de chaque onde qui devient à son tour centre direct d'un ébranlement de plus en plus faible, mais toujours multiple. Chaque point de l'espace éthéré où se fait sentir le contre-coup d'un ébranlement central est donc lui-même agité d'une infinité de vibrations simultanées. En d'autres termes, un rayon unique de lumière ne donnant lieu en chacun de ses points qu'au mouvement d'une seule molécule de l'éther, ce rayon simple ne se concevrait pas. Chaque rayon de lumière est déjà un faisceau de rayons. En général, l'infinie multitude de rayons parallèles qui tombent simultanément en un même point d'une même onde, quoique provenant du même ébranlement central, donne naissance à une infinité de mouvements vibratoires s'effectuant dans tous les sens rectilignes sur la surface de l'onde, autour du point considéré. Les faisceaux où l'on suppose la coexistence de tous ces mouvements divergents sont des faisceaux de lumière *naturelle*, c'est-à-dire que l'on regarde cette coexistence comme habituelle. Mais certains faisceaux particuliers jouissent de propriétés telles, qu'il n'a plus été possible d'y supposer la coexistence de mouvements irréguliers s'effectuant dans tous les sens autour d'un point de leur parcours. L'explication des phénomènes observés a paru exiger que tous les mouvements vibratoires s'effectuassent dans des directions parallèles en tous les points d'un même élément de l'onde. Les faisceaux de lumière où l'on est obligé de supposer cette restriction sont dits *polarisés*.

Deux rayons infiniment voisins de lumière naturelle, étant déjà eux-mêmes composés, excitent séparément, en un point quelconque de leur marche, des vibrations s'effectuant simul-

tanément dans toutes les directions; il correspond donc à chaque direction, autour du point de concours des deux rayons, deux vibrations parallèles.

La théorie exposée plus haut se rapporte à la composition de deux vibrations parallèles existant dans les conditions qui viennent d'être énoncées. Elle convient à tous les cas où deux faisceaux de lumière naturelle se rencontrent sous une faible inclinaison; mais, par le fait même, elle ne pourrait plus servir à rendre compte des effets produits par la réunion de deux faisceaux de lumière polarisée. Il importe, en conséquence, de la compléter par l'étude spéciale du cas particulier qui y échappe.

Toutes les compositions de faisceaux de lumière polarisée se ramèneront aisément, comme on le verra, à la composition de deux faisceaux polarisés rectangulairement. Nous commencerons donc par étudier ce cas particulier.

Nous supposerons encore, comme dans ce qui précède, que les périodes des deux mouvements soient les mêmes, parce qu'il n'y a jamais intérêt à étudier la combinaison de deux rayons diversement colorés. Nous supposerons, de plus, que les phases soient semblables, parce que les deux rayons arriveront en même temps de la même source.

Soient

$$x = a' \cos \frac{2\pi}{\theta} (t - \tau)$$

et

$$y = a'' \cos \frac{2\pi}{\theta} (t - \tau)$$

les équations des deux mouvements composants. La trajectoire du mouvement résultant sera, d'après les principes élémentaires

de la Mécanique, représentée par l'équation

$$\frac{x}{y} = \frac{a'}{a''} = \sqrt{\frac{i'}{i''}},$$

i' et i'' désignant les éclats des deux rayons. Cette trajectoire sera, comme on voit, rectiligne.

Le chemin parcouru sur sa trajectoire par la molécule animée simultanément des deux mouvements sera

$$Z = \sqrt{x^2 + y^2} = \sqrt{a'^2 + a''^2} \cos \frac{2\pi}{\theta}(t - \tau).$$

Ainsi, le mouvement résultant sera de même période et de même phase que chacun des deux mouvements composants. Quant à l'éclat du rayon composé, il sera représenté par $a'^2 + a''^2$, c'est-à-dire par $i' + i''$.

Ainsi, deux mouvements vibratoires rectilignes rectangulaires de même période et de même phase forment, en se combinant, un troisième mouvement vibratoire, également rectiligne, de même période et de même phase que les mouvements composants; l'azimut vibratoire du mouvement résultant a pour tangente le rapport des amplitudes des mouvements composants, et l'intensité unipériodique du mouvement résultant est égale à la somme des intensités unipériodiques des mouvements composants.

Réciproquement, tout mouvement vibratoire rectiligne peut se décomposer en deux mouvements vibratoires rectilignes rectangulaires de même période et de même phase, dont les intensités unipériodiques ont pour somme l'intensité unipériodique du mouvement primitif.

Soit

$$Z = A \cos \frac{2\pi}{\theta}(t - \tau)$$

l'équation du mouvement vibratoire rectiligne proposé, s'effectuant dans la direction

$$\frac{x}{y} = \operatorname{tang} \alpha,$$

les constantes a' et a'' des équations des mouvements composants, parallèlement aux axes,

$$x = a' \cos \frac{2\pi}{\theta}(t - \tau)$$

et

$$y = a'' \cos \frac{2\pi}{\theta}(t - \tau)$$

seront déterminées par les équations

$$\frac{a'}{a''} = \operatorname{tang} \alpha \quad \text{et} \quad a'^2 + a''^2 = A^2,$$

d'où

$$a' = \frac{A}{\sqrt{1 + \operatorname{cotang}^2 \alpha}} \quad \text{et} \quad a'' = \frac{A}{\sqrt{1 + \operatorname{tang}^2 \alpha}},$$

c'est-à-dire

$$a' = A \sin \alpha \quad \text{et} \quad a'' = A \cos \alpha.$$

Les amplitudes des deux mouvements composants sont donc les projections, sur leurs directions respectives, de l'amplitude du mouvement résultant.

Nous avons déjà dit qu'un faisceau de lumière naturelle doit être considéré comme donnant lieu à une infinité de mouvements vibratoires rectilignes s'effectuant simultanément dans

tous les azimuts autour de chaque point de la surface d'onde; mais on vient de voir que chaque mouvement vibratoire rectiligne, quel que soit son azimut, peut se décomposer en deux mouvements vibratoires orientés suivant des directions déterminées. Il en résulte qu'on pourra, si on le veut, considérer un faisceau de lumière naturelle comme équivalent à deux faisceaux de lumière, polarisés à angle droit, suivant des directions arbitraires. Si, d'ailleurs, l'éclat produit par le faisceau de lumière naturelle se trouve, comme il arrivera en général, uniformément réparti sur l'élément de la surface d'onde environnant le point considéré, les intensités des deux faisceaux polarisés à angle droit qui pourront remplacer le faisceau naturel, seront égales entre elles et égales à la moitié de celle du faisceau naturel, quelles que soient, d'ailleurs, les directions des axes choisis.

Telle est la théorie qu'a laissée Fresnel des mouvements vibratoires qui caractériseraient la lumière polarisée : nous allons rappeler les faits dont l'observation, plus ou moins ancienne, a paru à Fresnel nécessiter l'introduction des hypothèses qu'il a cru devoir admettre; ceux qu'il a découverts lui-même; enfin ceux que la théorie lui a révélés et que l'expérience a ensuite confirmés.

On sait que c'est Erasme Bartholin qui découvrit, en 1670, dans le spath d'Islande, la propriété de donner deux rayons réfractés pour chaque rayon incident. Les deux faisceaux dans lesquels un faisceau lumineux se trouve ainsi décomposé paraissent de même intensité. Mais, s'ils sont reçus sur un deuxième cristal biréfringent, les quatre faisceaux auxquels ils donnent lieu présentent, selon la position relative des deux cristaux, des différences d'intensité qui peuvent, dans certains cas, aller jusqu'à l'extinction absolue et simultanée de deux d'entre eux.

Considérons en particulier ce qui arrive au faisceau ordinaire sorti du premier cristal. Les deux rayons auxquels il donnera naissance dans le second cristal éprouveront les variations suivantes, quand on fera varier l'angle des sections principales des cristaux : si cet angle est nul, le rayon extraordinaire disparaîtra et le rayon ordinaire aura son maximum d'intensité ; à mesure que l'angle croîtra, le rayon ordinaire diminuera et le rayon extraordinaire augmentera d'intensité. Si l'angle atteint 90°, il y aura extinction du rayon ordinaire et maximum pour le rayon extraordinaire. Les deux rayons ont, du reste, même intensité à 45°.

Malus a fait remarquer que les intensités des deux rayons peuvent être représentées par les produits d'une constante, par $\cos^2\alpha$ pour le rayon ordinaire et par $\sin^2\alpha$ pour le rayon extraordinaire ; α désignant l'angle des sections principales des deux cristaux.

Si l'on observe de même les variations d'intensité des deux rayons dans lesquels le deuxième cristal divise le rayon extraordinaire venu du premier, on sera conduit à regarder, avec Malus, leurs intensités comme proportionnelles à $\sin^2\alpha$, pour le rayon ordinaire, et à $\cos^2\alpha$ pour le rayon extraordinaire.

Le rayon ordinaire et le rayon extraordinaire émanés d'un premier prisme biréfringent jouissent donc d'une propriété commune : reçus sur un deuxième cristal biréfringent, ils se divisent l'un et l'autre en deux rayons d'intensités variables, qui s'éteignent successivement et acquièrent leurs maximums d'intensité pour deux orientations rectangulaires de la section principale du second cristal.

Tout rayon doué de cette propriété remarquable est dit pola-

risé dans le plan avec lequel coïncide la section principale du cristal, lorsque le rayon extraordinaire s'éteint. Il résulte de cette définition et des lois de Malus que la section principale est le plan de polarisation du rayon ordinaire et que le plan perpendiculaire est le plan de polarisation du rayon extraordinaire.

Les cristaux à deux axes polarisent aussi la lumière dans deux plans à peu près perpendiculaires l'un à l'autre, mais les lois des phénomènes sont encore plus compliquées.

On appelle *lumière naturelle* la lumière qui, en traversant un cristal biréfringent, donne lieu à deux rayons d'égale intensité, quelle que soit la position de la section principale. Le soleil et les étoiles, les gaz incandescents, etc., produisent de la lumière naturelle. Or, si l'on recompose en un seul les deux faisceaux égaux et polarisés à angle droit dans lesquels un cristal biréfringent a décomposé un faisceau naturel, on retrouve dans le faisceau résultant toutes les propriétés de la lumière naturelle, en sorte que, indépendamment de toute théorie, il est permis de considérer la lumière naturelle comme équivalant au système de deux rayons égaux, polarisés dans des plans rectangulaires.

Si l'on superpose un faisceau naturel à un faisceau polarisé, le faisceau résultant se divise, dans un cristal biréfringent, en deux faisceaux d'intensités inégales, qui ne s'éteignent plus ni l'un ni l'autre pour aucune position du cristal. Un faisceau ainsi composé est partiellement polarisé. Le plan de polarisation partielle est parallèle à la position de la section principale du cristal qui rend maximum le rayon ordinaire et minimum le rayon extraordinaire. On obtient aussi de la lumière partiellement polarisée en superposant deux faisceaux polarisés à angle droit, mais ayant des intensités différentes.

Il résulte de ce qu'on vient de dire qu'une seule expérience faite à l'aide d'un cristal biréfringent permettra toujours de reconnaître si un rayon lumineux est naturel, polarisé ou partiellement polarisé. Dans la dernière hypothèse, si l'on mesure les intensités du rayon ordinaire et du rayon extraordinaire, lorsque le premier étant maximum, le second est minimum, on obtiendra aisément les proportions de lumière naturelle et polarisée qui entrent dans la composition du rayon. En effet, si l'on désigne par a et b ces proportions et par α l'angle de la section principale du cristal avec le plan de polarisation, le rayon ordinaire sera formé de la moitié de la lumière incidente naturelle et de la fraction $\cos^2\alpha$ de la lumière polarisée. Son intensité sera donc

$$\frac{a}{2} + b\cos^2\alpha;$$

d'un autre côté, celle du rayon extraordinaire sera

$$\frac{a}{2} + b\sin^2\alpha.$$

Les mesures prises fourniraient donc la valeur du rapport

$$\frac{\frac{a}{2} + b\cos^2\alpha}{\frac{a}{2} + b\sin^2\alpha}$$

et il serait facile d'en déduire celle du rapport $\frac{a}{b}\cdot$ Mais on pourra y arriver plus simplement en observant que les intensités des deux rayons ordinaire et extraordinaire qui deviennent, la première, maximum et la deuxième, minimum, lorsque $\alpha = 0$, se

réduisent alors à

$$\frac{a}{2} + b \quad \text{et} \quad \frac{a}{2}.$$

Ces deux intensités deviennent égales entre elles lorsque $\alpha = 45^\circ$. Le cristal biréfringent qui sert à analyser un rayon lumineux reçoit le nom d'*analyseur*.

Polarisation par réflexion.

Une observation fortuite sur la lumière du soleil couchant, réfléchie par les vitres des fenêtres d'un édifice éloigné, a conduit Malus à la découverte des phénomènes suivants : 1° les substances non métalliques polarisent complètement la lumière lorsqu'elles la réfléchissent sous des incidences convenables; 2° le plan de polarisation de la lumière réfléchie est le plan de réflexion lui-même; 3° sous une incidence quelconque, la lumière est partiellement polarisée dans le plan de réflexion; 4° les métaux et leurs composés doués de l'éclat métallique n'impriment, sous toutes les incidences, à la lumière réfléchie, qu'une polarisation partielle, le plus souvent peu sensible.

Brewster a reconnu que, quelle que soit la substance réfléchissante, l'incidence sous laquelle la polarisation est complète a toujours pour tangente l'indice de réfraction de cette substance ou, ce qui revient au même, que le rayon réfléchi et le rayon réfracté sous l'incidence qui produit la polarisation complète sont perpendiculaires l'un à l'autre. On est convenu d'appeler angle de polarisation le complément de l'incidence sous laquelle a lieu la polarisation complète de la lumière réfléchie, ou l'angle que le rayon incident fait alors avec la surface. Si on le désigne

par A, il résulte de la loi précédente que $\cot A = n$ ou

$$\tang A = \frac{1}{n},$$

n représentant l'indice de réfraction.

Sous des incidences voisines de 0° ou de 90°, la polarisation de la lumière réfléchie est à peine sensible. On doit en conclure que, s'il était possible d'observer le rayon réfléchi dans des directions rigoureusement normales ou parallèles à la surface, on n'y trouverait aucune trace de polarisation.

Polarisation par réfraction simple.

La réfraction simple polarise partiellement la lumière, mais dans un plan perpendiculaire au plan d'incidence. La proportion de lumière polarisée que contient le faisceau réfracté est nulle sous l'incidence normale et croît avec l'incidence, mais ne devient jamais égale à l'intensité entière du faisceau.

Polarisation par réflexion intérieure.

Si l'on fait tomber normalement un rayon sur l'un des côtés d'un prisme isocèle, le rayon réfléchi sur la base de ce prisme traversera aussi normalement le second côté et on pourra étudier les lois de la réflexion intérieure sans avoir à craindre qu'elles soient troublées par les deux réfractions successives. Malus a reconnu ainsi : 1° que la réflexion intérieure polarise en général partiellement la lumière dans le plan d'incidence; 2° que la polarisation est nulle sous l'incidence normale et sous les incidences où la réflexion est totale; 3° que la polarisation est complète sous

une incidence R qui est liée avec l'incidence I, sous laquelle la polarisation est complète, dans le cas de la réflexion extérieure, par la relation

$$\sin I = n \sin R.$$

Réflexion et réfraction de la lumière polarisée.

Les observations de Malus ont établi : 1° que, sous toute incidence, la proportion de lumière réfléchie est maximum quand le plan de polarisation est parallèle au plan d'incidence, minimum lorsqu'il lui est perpendiculaire, et régulièrement décroissante entre le maximum et le minimum; 2° que, sous l'incidence à laquelle correspond la polarisation complète, la proportion de lumière réfléchie est nulle lorsque le plan de polarisation est perpendiculaire au plan d'incidence et que, en général, sous cette incidence, si α est l'angle que ces deux plans font l'un avec l'autre, la proportion de lumière réfléchie varie comme $\cos^2\alpha$; 3° que la proportion de lumière réfractée est toujours complémentaire de la proportion de lumière réfléchie, minimum, par conséquent, quand celle-ci est maximum, et réciproquement, mais que le minimum est toujours très différent de zéro.

On doit, en outre, à Fresnel, d'avoir reconnu : 1° que la lumière polarisée demeure polarisée après la réflexion, pourvu que la réflexion ne soit pas totale; 2° que le plan de polarisation de la lumière réfléchie ou réfractée est identique au plan primitif lorsque celui-ci est parallèle ou perpendiculaire au plan d'incidence; 3° que, dans tout autre cas, le plan de polarisation de la lumière réfléchie tend à se rapprocher du plan d'incidence et celui de la lumière réfractée à se rapprocher d'un plan perpen-

diculaire au plan d'incidence; 4° que la réflexion totale ne modifie pas les propriétés de la lumière polarisée lorsque le plan de polarisation est parallèle ou perpendiculaire au plan d'incidence, mais que, dans tout autre cas, elle lui communique les propriétés de la lumière partiellement polarisée ou même de la lumière naturelle.

Enfin, Brewster a observé que les métaux impriment à la lumière polarisée qui vient se réfléchir à leur surface des modifications analogues aux modifications résultant de la réflexion totale.

Interférences de la lumière polarisée.

Dans un travail exécuté en commun, Fresnel et Arago ont démontré, par les procédés les plus variés, que deux rayons polarisés dans des plans rectangulaires ne peuvent interférer, c'est-à-dire qu'ils donnent par leur combinaison une intensité indépendante de leur différence de marche. Cette propriété fondamentale de la lumière polarisée serait inconcevable si les vibrations des ondes lumineuses étaient longitudinales comme celles des ondes sonores, car, dans cette hypothèse, deux rayons peu inclinés l'un sur l'autre devraient se détruire ou se fortifier suivant que les vitesses seraient de même sens ou de sens contraires. Au contraire, la constance de l'intensité résultant du concours de deux rayons polarisés à angle droit s'expliquerait sans difficulté si l'on admettait que les vibrations de la lumière polarisée s'effectuent normalement aux rayons et dans des directions perpendiculaires entre elles, lorsque les plans de polarisation sont eux-mêmes perpendiculaires l'un à l'autre. C'est ainsi qu'on a été amené à formuler le principe suivant :

« Dans la lumière polarisée, les vibrations s'exécutent normalement aux rayons et parallèlement ou perpendiculairement au plan de polarisation. (On n'a pas pu, jusqu'à présent, vérifier laquelle de ces deux hypothèses est la vraie, on admet généralement la seconde.) Mais, comme on reproduit un faisceau naturel en superposant les deux faisceaux égaux et polarisés à angle droit, dans lesquels un faisceau naturel est décomposé par un cristal biréfringent, il faut bien en conclure que les vibrations qui produisent la lumière naturelle sont aussi perpendiculaires aux rayons. »

Polarisation chromatique.

Le point de départ de cette nouvelle théorie consiste dans cette observation d'Arago que si l'on regarde à travers un spath une lame cristalline traversée par de la lumière polarisée, elle donne deux images colorées et complémentaires. Fresnel a donné du fait l'explication suivante.

Un rayon polarisé, tombant normalement sur un cristal biréfringent dont la section principale fait un angle i avec le plan de polarisation, si l'on décompose les vibrations incidentes en deux, les unes polarisées dans la section principale, les autres dans le plan perpendiculaire, les intensités du rayon ordinaire et du rayon extraordinaire seront comme $\cos^2 i$ et $\sin^2 i$, d'après les lois de Malus. Si le cristal biréfringent se réduit à une mince lame à faces parallèles, la séparation des rayons ordinaire et extraordinaire n'étant pas sensible, le mouvement d'une molécule d'éther placée sur le trajet de la lumière émergente résultera de la combinaison des vibrations rectangulaires qui correspondraient sépa-

rément aux deux rayons. Cette combinaison donnera naissance à des phénomènes qui peuvent se résumer de la manière suivante : 1° toutes les fois que la lame cristalline établit entre les deux rayons une différence de marche d'un nombre entier de demi-longueurs d'onde, la lumière émergente est polarisée dans le plan primitif ou dans un plan symétrique par rapport à la section principale ; 2° toutes les fois que la lame cristalline établit entre les deux rayons une différence de marche d'un nombre impair de quarts de longueur d'onde et qu'en même temps l'angle du plan primitif de polarisation avec le plan de la section principale est égal à 45°, la lumière émergente est polarisée circulairement ; 3° dans tout autre cas, elle est polarisée elliptiquement. Ces énoncés signifient que la molécule d'éther qui est en vibration a pour trajectoire une petite ellipse, dans laquelle le rapport des axes peut varier de zéro à 1. On est conduit à ce résultat en cherchant la trajectoire du mouvement effectif, connaissant les mouvements composants parallèlement aux axes [1].

[1] On vérifie en effet, à l'aide d'un calcul très simple que si les mouvements des projections d'un mobile sur trois axes rectangulaires ont respectivement pour équations

$$x = a\cos(\omega t + \alpha)$$
$$y = b\cos(\omega t + \beta)$$
$$z = c\cos(\omega t + \gamma).$$

1° La trajectoire de ce mobile est contenue dans le plan représenté par l'équation

$$\frac{x}{a}\sin(\beta - \gamma) + \frac{y}{b}\sin(\gamma - \alpha) + \frac{z}{c}\sin(\alpha - \beta) = 0.$$

2° Cette même trajectoire a pour projection sur le plan des xy l'ellipse représentée par l'équation

$$\frac{x^2}{a^2} - 2\frac{xy}{ab}\cos(\alpha - \beta) + \frac{y^2}{b^2} = \sin^2(\alpha - \beta).$$

Un faisceau polarisé circulairement se décompose, en traversant un prisme biréfringent, en deux faisceaux d'égale intensité, quelle que soit l'orientation de la section principale. La lumière polarisée circulairement diffère, cependant, de la lumière naturelle, en ce que, si on lui fait traverser une seconde lame cristalline identique à la première, les vibrations deviennent rectilignes et la lumière reprend l'état de lumière polarisée. La lumière polarisée elliptiquement se rapproche par ses propriétés de la lumière partiellement polarisée.

Si l'on conçoit que les vibrations d'un rayon soient elliptiques, mais que le rapport de la grandeur des axes et leur orientation varient brusquement et à des intervalles très rapprochés, ce qui peut arriver par l'effet d'un grand nombre de causes absolument indépendantes les unes des autres, on aura un système de vibrations qui, dans toute expérience d'une durée appréciable, paraîtra posséder les mêmes propriétés relativement à tous les plans menés par la direction du rayon. Telle est l'idée la plus générale qu'on doit se faire d'un rayon de lumière naturelle. Les changements brusques et très rapprochés qui surviennent dans l'état des vibrations sont démontrés, en effet, par l'impossibilité d'obtenir des franges d'interférence avec des rayons émanés de deux sources physiquement distinctes.

Cela posé, si on cherche à déterminer d'une manière générale l'intensité des deux rayons dans lesquels un analyseur biréfringent décompose la lumière primitivement polarisée dans un certain plan et transmise à travers une lame mince, on arrive aux résultats suivants : en désignant par s l'angle du plan primitif de polarisation avec le plan de la section principale de l'analyseur biréfringent, et par i l'angle du plan primitif de polari-

sation avec le plan de la section principale de la lame mince, 1° le rayon ordinaire aura une intensité résultant de l'interférence de deux rayons d'intensités proportionnelles à

$$\cos^2 i \cos^2 (i - s) \quad \text{et} \quad \sin^2 i \sin^2 (i - s),$$

présentant l'un par rapport à l'autre une différence de marche P, variant proportionnellement à l'épaisseur; 2° le rayon extraordinaire aura une intensité déterminée par l'interférence de deux rayons d'intensités proportionnelles à

$$\sin^2 i \cos^2 (i - s) \quad \text{et à} \quad \cos^2 i \sin^2 (i - s),$$

présentant une différence de marche $P + \frac{h}{2}$, h étant la longueur d'ondulation. Le rayon ordinaire sera donc minimum quand le rayon extraordinaire sera maximum, et réciproquement.

Si, au lieu d'un faisceau de lumière homogène, on considère un faisceau de lumière blanche, les intensités de tous les éléments de ce faisceau seront modifiées dans des rapports inégaux et il y aura coloration. Du reste, les interférences ayant lieu en sens opposés dans le rayon ordinaire et dans le rayon extraordinaire de l'analyseur, une couleur donnée éprouvera dans ces deux rayons des modifications inverses et, par suite, les deux colorations seront complémentaires. Telles sont les idées de Fresnel relativement au phénomène de la polarisation chromatique.

THÉORIE.

Nous venons de résumer les faits observés et les lois constatées, nous allons en compléter l'explication.

Les cristaux ne peuvent généralement pas être regardés comme des milieux isotropes, c'est-à-dire identiques à eux-mêmes dans toutes les directions autour d'un même point. La symétrie des figures qu'ils affectent indique, au contraire, certaines conditions de symétrie correspondantes dans l'arrangement de leurs molécules intégrantes et, par suite, dans l'arrangement moléculaire du milieu éthéré qui les pénètre. On nomme axe de symétrie, axe de figure ou axe optique d'un cristal (nous ne parlons ici que des cristaux à un seul axe) une direction principale dans laquelle la densité paraît devoir être plus grande ou plus petite que dans toute autre. Tous les plans menés par l'axe sont supposés fournir des tranches pareillement composées et, par suite, on admet que les directions également inclinées sur l'axe correspondent à des files semblables de molécules. Enfin, on suppose que la densité varie dans le même sens, dans chacune de ces tranches, depuis la direction parallèle à l'axe jusqu'à la direction perpendiculaire; elle est maximum ou minimum dans la direction de l'axe, minimum ou maximum dans la direction perpendiculaire; elle est d'ailleurs évidemment la même dans deux directions également inclinées sur l'axe pris dans ses deux sens. Ces hypothèses assez naturelles, sur lesquelles Fresnel a fondé la théorie mathématique de la polarisation de la lumière, se sont trouvées en quelque sorte confirmées directement, lorsqu'il a développé artificiellement dans une masse isotrope de verre toutes les propriétés des cristaux biréfringents, en y faisant naître, par une forte compression exercée dans un sens seulement, un axe particulier de symétrie.

On nomme plan méridien d'un cristal tout plan parallèle à l'axe, et section principale, par rapport à une face taillée, d'ail-

leurs arbitrairement, un plan méridien perpendiculaire à cette face.

D'un autre côté, on suppose que les vibrations lumineuses ont lieu dans des directions perpendiculaires aux rayons, c'est-à-dire aux lignes suivant lesquelles ces vibrations se propagent. Chaque oscillation d'une molécule d'éther est d'ailleurs assimilée à un mouvement pendulaire, parce que les lois de ce mouvement sont celles qui dérivent de l'hypothèse d'une force agissant proportionnellement à la distance du mobile à un point fixe et qu'il est naturel de supposer que dans un milieu élastique la force qui tend à chaque instant à ramener chaque molécule à sa position d'équilibre est proportionnelle à la distance qui l'en sépare. Nous répétons que les lois du mouvement oscillatoire d'une molécule d'éther sont représentées par les formules

$$x = a\cos\frac{2\pi}{\theta}t, \qquad \frac{dx}{dt} = v = -a\frac{2\pi}{\theta}\sin\frac{2\pi}{\theta}t,$$

$$\frac{d^2x}{dt^2} = a\left(\frac{2\pi}{\theta}\right)^2\cos\frac{2\pi}{\theta}t,$$

a désignant l'élongation maximum de la molécule, ou l'amplitude vibratoire, x l'élongation variable comptée à partir de la position d'équilibre, θ la durée d'une vibration et t le temps compté à partir du moment où la molécule était au maximum d'élongation.

La force vive de la molécule en mouvement est proportionnelle à

$$\left(a\frac{2\pi}{\theta}\right)^2\sin^2\frac{2\pi}{\theta}t;$$

elle varie donc à chaque instant. Son maximum est

$$\left(a\frac{2\pi}{\theta}\right)^2$$

et son minimum zéro. L'accroissement qu'elle subit dans un quart de vibration, depuis la plus grande élongation où elle est nulle jusqu'à la position d'équilibre où elle est maximum, est donc

$$\left(a\frac{2\pi}{\theta}\right)^2.$$

La moitié de cet accroissement peut servir de mesure à l'intensité du rayon lumineux. On suppose que dans un faisceau de lumière polarisé rectilignement, les vibrations s'effectuent, sur la surface de l'onde, en ligne droite et dans une direction azimutale invariable pendant toute la durée du mouvement.

On suppose, au contraire, que les vibrations correspondantes à un faisceau de lumière naturelle s'effectuent sur la surface de l'onde, soit simultanément dans toutes les directions, soit dans des directions qui changent incessamment avec une vitesse extrême. Il en résulte qu'un faisceau de lumière naturelle ne serait, soit qu'un assemblage de faisceaux polarisés dans toutes les directions, soit qu'un faisceau polarisé dont l'azimut de polarisation varierait très rapidement. Ces deux hypothèses sont équivalentes en raison de la persistance des impressions sur la rétine et, par suite, de leur mélange même pendant un temps très court.

Enfin, dans un faisceau partiellement polarisé, une partie des vibrations se feraient dans un azimut fixe, tandis que les autres s'effectueraient simultanément dans tous les azimuts, ou, ce qui revient au même, dans un azimut incessamment variable.

Cela posé, on a démontré : 1° que deux mouvements vibratoires rectilignes, parallèles et de même période se combinent en un troisième mouvement vibratoire de même direction et de

même période dont l'amplitude reste comprise entre la somme et la différence des amplitudes des mouvements composants et prend exceptionnellement l'une ou l'autre de ces valeurs extrêmes lorsque les phases des deux mouvements composants sont semblables ou contraires, c'est-à-dire lorsque les molécules y arrivent en même temps à leurs positions d'équilibre, ou qu'au contraire les molécules arrivent dans l'un d'eux à leurs positions d'équilibre, tandis que dans l'autre elles se trouvent à leurs maximum d'élongation; 2° que deux mouvements vibratoires rectilignes rectangulaires de même période et de même phase se combinent pour former un troisième mouvement rectiligne de même période et de même phase, dont l'amplitude est représentée en grandeur et en direction par la diagonale du rectangle construit sur les amplitudes des mouvements composants; 3° que, réciproquement, tout mouvement vibratoire rectiligne peut se décomposer en deux mouvements rectilignes rectangulaires de même période et de même phase, dont les amplitudes sont les projections, sur les directions de ces mouvements, de l'amplitude du mouvement décomposé.

Comme, d'ailleurs, les éclats de différents rayons lumineux correspondants à des vibrations de même période sont représentés proportionnellement par les carrés de leurs amplitudes, il en résulte que, dans le cas de la composition de deux rayons excités par des mouvements rectangulaires de même période et de même phase, l'éclat du rayon résultant est la somme des éclats des rayons composants.

Pour que le mouvement résultant soit polarisé, il faut que le rapport des amplitudes des mouvements composants soit constant; ce rapport peut d'ailleurs être quelconque; il en résulte

que tout faisceau de lumière polarisé dans un azimut quelconque est équivalent à deux faisceaux de lumière, polarisés à angle droit, dont les intensités sont représentées proportionnellement par les carrés des sinus des angles que le plan azimutal du mouvement résultant fait avec les plans azimutaux des mouvements composants.

Si, au contraire, le mouvement résultant n'est pas polarisé, le rapport des amplitudes des mouvements composants et, par conséquent, celui de leurs intensités, sont constamment variables. Les amplitudes moyennes des deux mouvements composants doivent être considérées comme égales; par conséquent, tout faisceau de lumière naturelle équivaut à deux faisceaux de lumière, polarisés à angle droit et égaux d'intensité. L'azimut vibratoire continuellement variable du faisceau résultant est donné par le rapport continuellement variable des amplitudes des vibrations des faisceaux composants. Enfin, tout faisceau de lumière partiellement polarisé est équivalent à deux faisceaux d'intensités différentes, polarisés à angle droit.

Avant d'aller plus loin, remarquons que les phénomènes d'interférence fournissent des vérifications saisissantes des hypothèses énoncées dans ce qui précède et des lois qui en ont été déduites. Ainsi, si ces hypothèses sont conformes à la réalité, l'interférence de deux rayons polarisés parallèlement doit être possible dans les mêmes conditions que celle de deux rayons de lumière naturelle; or, c'est ce que vérifie l'expérience. Au contraire, l'interférence de deux rayons polarisés à angle droit doit toujours être impossible. L'expérience confirme, en effet, que l'éclat du faisceau résultant est la somme des éclats des faisceaux composants. La théorie a conduit à des inductions en-

core plus éloignées, que l'expérience est venue pleinement confirmer. Deux faisceaux polarisés d'abord à angle droit et ramenés à une polarisation commune sont incapables d'interférer s'ils ont été extraits d'un faisceau naturel et peuvent, au contraire, interférer s'ils proviennent d'un faisceau originairement polarisé.

Ces principes posés, imaginons qu'un mouvement vibratoire se transmette dans le plan d'une onde dirigée d'une manière quelconque par rapport à un milieu non isotrope, à un axe. Chacun des mouvements élémentaires pourra se décomposer dans le plan même de l'onde en deux mouvements, l'un normal à l'axe optique et, par conséquent, à la section méridienne qui projette l'axe optique sur le plan de l'onde, et l'autre perpendiculaire au premier, dirigé suivant la projection de l'axe sur le même plan.

A cause de la symétrie du milieu cristallisé, autour de l'axe, l'amplitude du mouvement vibratoire correspondant au rayon perpendiculaire à l'axe sera indépendante de la direction de ce rayon; nous la représenterons par b.

Quant au mouvement vibratoire correspondant au rayon dirigé suivant la section méridienne du plan de l'onde, il pourra lui-même se décomposer en deux autres correspondant à des rayons contenus dans le plan de la section méridienne qui projette l'axe sur le plan de l'onde primitive, et dirigés, l'un suivant l'axe, l'autre perpendiculairement. L'amplitude du second mouvement sera encore b; quant à celle du premier, elle sera différente; nous la représenterons par a. Soit α l'inclinaison sur l'axe du mouvement vibratoire qui se propageait suivant la projection de cet axe sur le plan de l'onde primitive et l son ampli-

tude, l sera donnée par l'équation

$$l^2 = a^2 \sin^2\alpha + b^2 \cos^2\alpha.$$

Ainsi, tout mouvement vibratoire se propageant dans un milieu à un axe optique se décompose en deux, l'un perpendiculaire à l'axe et dont la vitesse peut être représentée par b, l'autre perpendiculaire au premier, dont la vitesse est

$$\sqrt{a^2 \sin^2\alpha + b^2 \cos^2\alpha},$$

α désignant l'angle avec l'axe du rayon suivant lequel il se propage.

Comme les vitesses de propagation dans toutes les directions normales à l'axe sont égales entre elles, la surface des vitesses normales correspondante au premier mouvement est une sphère, et cette sphère est en même temps la surface des ondes élémentaires.

Au contraire, la vitesse de propagation, dans une direction quelconque, variant suivant la loi

$$l^2 = a^2 \sin^2\alpha + b^2 \cos^2\alpha,$$

la surface des vitesses normales, dans le second mouvement, est simplement de révolution autour de l'axe. Si l'on cherche l'enveloppe des plans perpendiculaires aux extrémités de ses rayons vecteurs, c'est-à-dire la surface d'une onde, on trouve que c'est un ellipsoïde de révolution autour de l'axe, dont la méridienne, rapportée à l'axe pris pour axe polaire, a pour équation

$$\rho^2\left(\frac{\cos^2\theta}{b^2} + \frac{\sin^2\theta}{a^2}\right) = 1.$$

Ainsi, il existe dans les milieux cristallisés à un axe optique

deux surfaces différentes d'ondes élémentaires; pour les ondes ordinaires, ces surfaces sont des sphères et les mouvements vibratoires s'y exécutent en chaque point normalement à l'axe optique; pour les ondes extraordinaires, ce sont des ellipsoïdes de révolution autour de l'axe, et les mouvements vibratoires s'y exécutent en chaque point sur la section méridienne.

On voit par là pourquoi un faisceau lumineux tombant sur un milieu cristallisé, parallèlement à son axe, s'y partage généralement en deux faisceaux polarisés. L'un d'eux, correspondant à une onde élémentaire sphérique, obéit à la loi de Descartes; il est formé de rayons ordinaires; l'autre correspond à une onde ellipsoïdale; il suit, dans la réfraction, la loi de Huyghens et est formé de rayons extraordinaires.

Cela posé, examinons les cas particuliers qui ont été signalés dans la partie physique de la théorie. Supposons d'abord que la face réfringente soit parallèle à l'axe optique et, dans cette hypothèse, examinons ce qui va se passer selon que le plan d'incidence sera lui-même normal ou parallèle à l'axe. Supposons-le d'abord normal à l'axe; dans ce cas, l'onde plane incidente et sa trace sur la face d'entrée sont parallèles à l'axe; le mouvement peut se décomposer en deux, l'un normal à l'axe, compris dans le plan d'incidence, l'autre parallèle à l'axe et perpendiculaire au plan d'incidence. Le premier mouvement transmis au milieu cristallin doit rester normal à l'axe, en vertu de la symétrie; ses ondes seront sphériques; il obéira à la loi de Descartes. Si c est l'amplitude d'oscillation dans l'air, on aura pour le rayon réfracté correspondant à ce mouvement

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{c}{b}.$$

Quant au second mouvement transmis au milieu cristallin, il restera, encore par raison de symétrie, parallèle à l'axe. Le rayon correspondant sera bien extraordinaire, mais, comme la section de la surface ellipsoïdale d'onde par le plan d'incidence sera l'équateur même de cette surface, la loi de la réfraction sera encore celle de Descartes, avec d'autres constantes; on aura

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{c}{a}.$$

La réfraction s'opérera suivant les mêmes lois pour le rayon ordinaire et pour le rayon extraordinaire, et l'on voit que, en mesurant ces réfractions et les comparant, on aura la valeur du rapport $\frac{a}{b}$.

La face d'entrée restant toujours parallèle à l'axe, supposons maintenant que le plan d'incidence soit aussi parallèle à cet axe. La trace de l'onde plane incidente sur la face d'entrée sera alors normale à l'axe; le mouvement pourra se décomposer en deux autres, l'un normal à la fois à l'axe et au plan d'incidence, l'autre incliné sur l'axe, mais contenu dans le plan méridien normal à la face d'entrée. En vertu de la symétrie, le premier mouvement transmis au milieu cristallisé restera normal à l'axe; l'onde élémentaire sera sphérique, le rayon réfracté correspondant sera ordinaire et sa direction sera déterminée par la relation

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{c}{b}.$$

Quant au second mouvement, en se transmettant dans le milieu cristallin, il restera compris dans le plan d'incidence et sera

incliné sur l'axe. L'onde élémentaire correspondante sera un ellipsoïde de révolution autour de l'axe; mais la section par le plan d'incidence sera maintenant une section méridienne; si par la trace de l'onde plane incidente sur la face d'entrée on mène un plan tangent à l'ellipsoïde, le point de contact se trouvera sur l'ellipse méridienne contenue dans le plan d'incidence, et il est facile de voir qu'on aura pour le rayon réfracté.

$$\frac{\operatorname{tang} r'}{\operatorname{tang} r} = \frac{a}{b}.$$

Supposons maintenant la face d'entrée normale à l'axe optique du cristal. Quelle que soit la direction du plan d'incidence, il coïncidera toujours avec une section méridienne de l'ellipsoïde de révolution, et la trace de l'onde plane incidente sur la face d'entrée sera toujours perpendiculaire à cette section méridienne. Le mouvement se décomposera en deux autres, l'un normal à la fois à l'axe et au plan d'incidence, l'autre compris dans ce plan. Le premier mouvement transmis au milieu cristallin restera normal à l'axe; quant au second, il sera incliné sur l'axe et restera compris dans le plan d'incidence. Les deux rayons réfractés ordinairement et extraordinairement se détermineront comme dans le cas précédent.

Lorsque la face d'entrée et le plan d'incidence deviennent quelconques, le rayon réfracté extraordinairement sort du plan d'incidence, puisqu'il doit toujours passer par le point de contact, avec la surface ellipsoïdale de l'onde, du plan tangent mené par la trace de l'onde plane incidente sur la face d'entrée. Lorsque la face d'entrée tourne autour de sa normale, le rayon extraordinaire tourne autour du rayon ordinaire.

Polariscope.

On donne le nom de polariscope à tout système composé d'une lame cristallisée doublement réfringente et d'un analyseur. Un faisceau de lumière, si faiblement polarisé qu'il serait impossible d'apprécier la différence d'éclat des deux faisceaux entre lesquels il se partage dans un cristal biréfringent, peut donner naissance, dans ces appareils, à des colorations très sensibles, et l'observation des positions où toute coloration disparaît peut faire apprécier la position du plan de polarisation. L'un des polariscopes les plus employés est celui de Savart. Il se compose de deux lames d'un cristal uniaxe, inclinées de 45° sur l'axe, croisées de manière que leurs sections principales soient à angle droit, et d'une tourmaline dont l'axe est parallèle à la bissectrice de l'angle de ces deux sections. La lumière polarisée reçue sur cet appareil donne naissance à des bandes colorées parallèles à l'axe de la tourmaline, qui disparaissent lorsque la section principale de l'une des lames est parallèle à l'autre et perpendiculaire au plan de polarisation. Il a été construit depuis le commencement de ce siècle un assez grand nombre de polariscopes, parmi lesquels nous citerons ceux de Wollaston, d'Arago (polariscope à lunules), de Babinet, et ceux plus récents de MM. Soleil et de Senarmont. Nous n'entrerons point ici dans la description de ces divers appareils; il nous suffira de dire que les uns, comme celui de M. Babinet, que cet astronome employait à étudier la polarisation de l'atmosphère, sont très simples, tandis que d'autres, celui de M. Soleil par exemple, sont plus compliqués et servent à la fois à obtenir la polarisation de la lumière et à pro-

jeter les images sur des écrans. Ces derniers sont surtout employés dans les cours publics et servent aux démonstrations.

Polarisation de la chaleur.

Les rayons de chaleur peuvent se polariser comme les rayons lumineux et par les mêmes procédés. C'est en 1821 que Bérard obtint le premier de la chaleur polarisée. Voici comment il procéda. Il faisait arriver sur un miroir de verre des rayons calorifiques, puis, ces rayons étant réfléchis de nouveau, il constatait l'état de polarisation de ces rayons par les variations d'intensité des rayons réfléchis, variations qui dépendaient de l'angle des deux plans de réflexion. Un miroir métallique concave recevait les rayons après leur seconde réflexion et les concentrait sur la boule d'un thermomètre très sensible. L'expérience dont nous venons de parler ayant été reproduite par plusieurs physiciens et n'ayant point donné, au dire des expérimentateurs, sans doute par leur faute, des résultats concluants, on laissa de côté, pendant quelques années, l'étude de la polarisation de la chaleur, et ce fut en 1834 seulement que M. Forbes établit nettement l'existence de cette polarisation. Les expériences de M. Knoblauch vinrent démontrer que la chaleur se polarisait par double réfraction, et celles de MM. de la Provostaye et Desains ont établi que les rayons caloriques polarisés se conduisent exactement comme les rayons lumineux polarisés et possèdent des propriétés correspondantes. L'analogie complète qui existe entre les conditions de polarisation des rayons lumineux et calorifiques nous dispense d'entrer dans de plus grands détails.

Progrès de l'Arithmétique.

Lamé démontre quelques théorèmes de Fermat.

Progrès de l'Algèbre.

Cauchy refond la démonstration de Gauss du théorème de d'Alembert, sur la forme arithmétique des racines des équations algébriques; il améliore la méthode d'élimination de Bezout et la théorie des déterminants. Sarrus perfectionne la méthode d'élimination par le plus grand commun diviseur, de façon à éviter l'introduction des solutions étrangères dans l'équation finale.

Progrès de l'Analyse.

Cauchy perfectionne la méthode d'intégration des équations différentielles linéaires et la théorie du calcul des variations; il introduit la notion des intégrales définies par la suite des valeurs de la variable comprises entre les limites, fonde la théorie des résidus, vérifie la double périodicité des fonctions elliptiques et donne une méthode pour obtenir les périodes des intégrales portant sur des fonctions implicites d'origine algébrique. Sarrus étend la méthode des variations aux maximums et minimums des intégrales multiples.

Progrès de la Géométrie.

Binet étend aux surfaces à centre unique du second ordre les théorèmes d'Apollonius relatifs aux coniques à centre. Poncelet énonce son principe de continuité ou de permanence des relations métriques des figures; il donne la *Théorie des centres des moyennes harmoniques*, celle des *Polaires réciproques*, l'*Analyse des transversales* et la *Théorie des involutions multiples*. Quételet démontre que la courbe d'intersection de deux surfaces du second ordre, mise en perspective sur un plan, le point de vue étant sur la courbe, peut fournir toutes les courbes du troisième degré. Il établit diverses propriétés des caustiques de Tschirnhausen et des ovales de Descartes. Savary prolonge la théorie de Descartes relative aux tangentes aux courbes épicycloïdales, et en déduit la construction des cercles osculateurs à ces courbes.

Progrès de la Mécanique.

Poncelet fonde la Mécanique appliquée à l'industrie en introduisant la notion du travail, et perfectionne la construction des roues hydrauliques. Clapeyron imagine le tiroir à recouvrement pour obtenir plus simplement la détente. Stephenson invente sa coulisse pour produire à volonté la détente variable, l'interruption de l'action de la vapeur et le changement de marche. Coriolis détermine l'accélération du mouvement résultant de deux autres et ramène ainsi la question du mouvement relatif d'un point à celle d'un mouvement absolu. Poncelet applique le théo-

rème de Coriolis à l'explication du mouvement rotatoire du plan d'oscillation du pendule de Foucault.

Progrès de l'Astronomie.

Arago inaugure l'Astronomie stellaire; il explique le phénomène de la scintillation des étoiles et enseigne à tenir compte de l'effet de l'irradiation, dans la mesure des diamètres apparents des planètes. Encke corrige l'évaluation de la masse de Mercure, et donne une nouvelle méthode pour le calcul des perturbations des planètes. Sir Herschel découvre une foule énorme de nébuleuses et d'étoiles multiples.

Progrès de la Physique.

Arago découvre le magnétisme de rotation et la polarisation chromatique. Fraünhofer étudie les raies du spectre solaire. Fresnel constitue la théorie des ondulations lumineuses et donne l'explication des phénomènes d'interférence et de polarisation. Daniell imagine son hygromètre à condensation. Faraday liquéfie l'acide carbonique, le protoxyde d'azote et le chlore; il établit la belle loi qui porte son nom, que dans les décompositions par la pile, il faut dépenser la même quantité d'électricité pour isoler les équivalents de tous les corps; il découvre les phénomènes d'induction et l'action de l'aimant sur un faisceau polarisé. Savart imagine un nouveau baromètre. Despretz découvre que presque tous les liquides se dilatent comme l'eau un peu avant leur

congélation. Poggendorf imagine le galvanomètre multiplicateur. Sadi Carnot établit les bases de la thermo-dynamique. Melloni imagine son thermo-multiplicateur et renouvelle la théorie de la chaleur rayonnante.

Progrès de la Chimie.

Chevreul donne la théorie de la saponification. Sefstrœm découvre le vanadium. Pelletier découvre le sulfate de quinine. Mitscherlich conçoit la loi d'isomorphisme. Dumas refait la théorie des alcools, découvre l'oxamide, formule la loi des substitutions, fait faire d'immenses progrès à la Chimie organique et fonde une sorte de philosophie chimique.

Progrès de la Géologie.

Beudant donne une théorie des volcans.

Progrès de l'Industrie et des Arts industriels.

Chevreul enseigne la fabrication des bougies stéariques. Vicat découvre les principes de la chaux hydraulique et des ciments. Daguerre fonde l'art de la photographie. Pecqueur perfectionne considérablement la raffinerie du sucre de betteraves et imagine

un mécanisme pour exécuter d'un mouvement continu les filets de pêche. Thimonnier invente la machine à coudre.

Progrès de la Physiologie.

Dumas et Boussingault soumettent à l'analyse les phénomènes chimiques qui se passent dans l'organisme des êtres vivants. Jackson invente l'éthérisation et l'anesthésie. Magendie et Flourens font faire de grands progrès à la connaissance des fonctions du cerveau et des nerfs.

BIOGRAPHIE

DES

SAVANTS DE LA SEIZIÈME PÉRIODE

ET

ANALYSE DE LEURS TRAVAUX.

(ARAGO FRANÇOIS).

[Né à Estagel (Pyrénées-Orientales) en 1786, mort en 1853.]

« Mon père, licencié en droit, dit Arago, avait de petites propriétés en terres arables, en vignes et en champs d'oliviers, dont le revenu faisait vivre sa nombreuse famille.

» Mes parents m'envoyèrent à l'école primaire d'Estagel, où j'appris de bonne heure à lire et à écrire.

» Mon père étant allé résider à Perpignan, comme trésorier de la Monnaie (Arago ne dit pas en quelle année), toute la famille quitta Estagel pour l'y suivre. Je fus alors placé comme externe au collège communal de la ville, où je m'occupai presque exclusivement d'études littéraires. Nos auteurs classiques étaient devenus l'objet de mes lectures de prédilection, mais la direction de mes idées changea tout à coup, par une circonstance que je vais rapporter. »

Il raconte alors comment il entendit parler pour la première

fois de l'École Polytechnique, par un jeune officier du génie; comment lui vint l'espoir de s'y faire recevoir et comment il se prépara à l'examen, en étudiant à peu près seul l'*Introduction à l'analyse des infiniment petits*, d'Euler, la *Résolution des équations numériques*, la *Théorie des fonctions analytiques* et la *Mécanique analytique*, de Lagrange, enfin la *Mécanique céleste*, de Laplace : « J'avais appris, dit-il, pour entrer à l'École, beaucoup au delà de ce qu'on exige pour la sortie. » Il fut admis le premier, dans la promotion de 1803.

Il fut détaché de l'École un peu après le commencement de la seconde année d'études et nommé secrétaire de l'Observatoire, en remplacement du fils de Méchain démissionnaire après la mort de son père, sur la proposition de Poisson et avec l'appui de Laplace.

« A peine entré à l'Observatoire, je devins le collaborateur de Biot, dans des recherches sur la réfraction des gaz, jadis commencées par Borda.

» Durant ce travail, nous nous entretînmes souvent, le célèbre académicien et moi, de l'intérêt qu'il y aurait à reprendre en Espagne la mesure interrompue par la mort de Méchain. Nous soumîmes notre projet à Laplace, qui l'accueillit avec ardeur, fit faire les fonds nécessaires, et le Gouvernement nous confia, à tous deux, cette mission importante.

» Nous partîmes de Paris, M. Biot et moi, et le commissaire espagnol Rodriguez, au commencement de 1806. »

Nous passons sous silence quelques aventures arrivées à nos deux savants avec des moines ou avec des brigands.

Biot revint en France après avoir concouru à la détermination de la latitude de Formentara. Arago se rendit seul à Mayorque

et acheva l'opération. Il venait d'y mettre la dernière main, lorsque la guerre ayant éclaté entre la France et l'Espagne, il se trouva exposé aux plus grands dangers de la part de la populace, devenue furieuse contre tout ce qui portait le nom de français; il ne trouva pas de meilleur moyen d'éviter les colères de la foule que de se faire mettre en prison, au château de Belver, d'où il obtint au bout de quelque temps l'autorisation de s'échapper, à ses risques et périls, sur une barque qui le transporta à Alger, avec ses instruments et ses papiers. De là, il s'embarqua au bout de peu de jours pour Marseille, mais le bâtiment qui le portait, enlevé dans le golfe du Lion par un corsaire espagnol, fut conduit à Rosas, et Arago se retrouva de nouveau prisonnier, avec tout l'équipage, sous prétexte de quarantaine, d'abord, mais ensuite parce que le gouvernement espagnol cherchait les moyens de s'approprier le navire richement chargé de présents destinés par le Dey d'Alger à l'empereur Napoléon.

Arago aurait pu s'échapper à plusieurs reprises, mais il ne voulut pas abandonner ses compagnons qu'il parvint, au reste, à faire rendre à la liberté.

« Pendant notre quarantaine dans le moulin à vent de Rosas, j'avais écrit, dit-il, au nom du capitaine du navire, une lettre au Dey d'Alger. Je lui rendais compte de l'arrestation illégale du bâtiment et de la mort d'un des lions que le Dey envoyait à l'Empereur. Cette dernière circonstance transporta de fureur le monarque africain. Il manda sur-le-champ le consul d'Espagne, réclama des dédommagements pécuniaires pour son cher lion, et menaça de la guerre, si l'on ne relâchait pas sur-le-champ son bâtiment. L'Espagne avait alors à pourvoir à trop de difficultés pour s'en mettre, de gaieté de cœur, une nouvelle sur les

bras, et l'ordre de relâcher le navire si vivement convoité arriva à Girone et de là à Palamos. »

Le navire fit de nouveau voile sur Marseille, mais il fut assailli, en vue de cette ville, par un coup de mistral qui le porta jusqu'à Bougie. Arago revint par terre de Bougie à Alger, au milieu de mille dangers, et ne reçut que longtemps après, dans cette dernière ville, ses bagages qu'il avait laissés à bord du navire.

Les occasions d'entreprendre une nouvelle traversée étaient naturellement fort rares, et notre compatriote en attendait encore une, lorsqu'un Dey récemment promu, après l'étranglement régulier du précédent, s'avisa de déclarer la guerre à la France, ou plutôt à l'Empereur, de qui il réclamait de deux à trois cent mille francs.

« Une déclaration de guerre à Alger était immédiatement suivie de la mise au bagne de tous les nationaux. Cette fois on ne poussa pas les choses jusqu'à cette limite extrême. Nos noms durent bien figurer dans la liste des esclaves de la Régence; mais, en fait, pour ce qui me concerne, je restai libre dans la maison consulaire. Sous une garantie pécuniaire contractée par le consul de Suède, on me permit même d'habiter sa campagne, située près du fort de l'Empereur. »

Enfin il obtint la permission de partir le 21 juin 1809.

« On va aujourd'hui d'Alger à Marseille en quatre jours; j'avais employé onze mois pour faire la même traversée, il est vrai que j'avais fait çà et là des séjours involontaires.

» Après avoir terminé ma quarantaine, je me rendis d'abord à Perpignan, où ma mère fit dire force messes pour célébrer mon retour, comme elle en avait demandé pour le repos de mon

âme, lorsqu'elle me croyait tombé sous le poignard des Espagnols. Mais je quittai bientôt ma ville natale pour rentrer à Paris, et je déposai au Bureau des Longitudes et à l'Académie des Sciences mes observations, que j'étais parvenu à conserver, au milieu des périls et des tribulations de ma longue campagne.

» Peu de jours après mon arrivée, le 18 septembre 1809, je fus nommé académicien, en remplacement de Lalande. Il y avait cinquante-deux votants; j'obtins quarante-sept voix, M. Poisson, quatre, et M. Nouet, une. J'avais alors vingt-trois ans. »

Il succéda la même année à Monge, dans sa chaire d'*Analyse appliquée à la Géométrie*. Monge était venu lui-même le prier de le remplacer.

Je crois qu'un corps électif qui se recrute lui-même, est, par avance voué au népotisme, à l'influence des petites églises, ou à l'intrigue; il est bien difficile, en effet, que l'homme ne se laisse pas subjuguer par des affections trop puissantes pour ses proches, pour ses coreligionnaires, ou pour lui-même. D'ailleurs l'usage d'une prérogative conduit insensiblement celui qui en est revêtu à considérer comme l'exercice d'un droit, ce qui, d'abord, n'était que la concession d'une magistrature. Enfin le bulletin secret offre tant de sécurité!

J'ai exprimé ces idées il y a plus de quarante ans et les faits auxquels j'ai assisté depuis lors ne m'ont pas corrigé.

Je n'ai connu que bien peu, et des places accessibles au public, l'espèce de domination qu'Arago exerçait sur ses confrères, et je ne l'approuvais pas.

Ce n'est cependant pas une raison pour que je ne reproduise pas la plaidoirie en sa faveur que propose l'illustre académicien.

« Arrivé, dit-il, à l'Académie, jeune, ardent, passionné, je me mêlai des nominations beaucoup plus que cela n'eût convenu à ma position et à mon âge. Parvenu à une époque de la vie où j'examine rétrospectivement toutes mes actions avec calme et impartialité, je puis me rendre cette justice que, *sauf dans trois ou quatre circonstances* (c'est moi qui souligne ces mots), ma voix et mes démarches furent toujours acquises au candidat le plus méritant, et plus d'une fois je parvins à empêcher l'Académie de faire des choix déplorables. »

Sans doute, chez les hommes de la valeur d'Arago, le bon l'emporte toujours sur le mauvais. Mais, en toutes choses, il faut considérer la fin : ici c'est l'effet pernicieux de l'exemple.

Arago ajoute : « J'engagerai les savants qui, entrés de bonne heure à l'Académie, seraient tentés d'imiter mon exemple, à ne compter que sur le témoignage de leur conscience ; je les préviens, en connaissance de cause, que la reconnaissance leur fera presque toujours défaut. »

Arago fut élu secrétaire perpétuel de l'Académie, pour les Sciences mathématiques, le 7 juin 1830. Il était directeur de l'Observatoire depuis longtemps.

Arago a été un secrétaire perpétuel inimitable et, depuis, sans émule. Il avait la voix, le geste, une grande facilité d'élocution, l'autorité, une puissance incroyable d'assimilation et un talent inimaginable pour se rendre intelligible à tout son auditoire. Du reste, il ne prenait jamais siège sans avoir profondément étudié son dossier. Aussi, durant les vingt années qu'il remplit à l'Académie les fonctions de secrétaire perpétuel, le public se pressait-il en foule à l'espèce de cours qu'il y professait. Je me rappelle que la séance devant s'ouvrir à trois heures, le public faisait

queue à la porte dès une heure, et qu'à deux heures et demie, lorsqu'on ouvrait la salle des séances, toutes les places étaient envahies en quelques minutes.

Les comptes-rendus improvisés d'Arago n'étaient pas, au reste, moins utiles au public qu'aux correspondants de l'Académie eux-mêmes, qu'il savait non seulement encourager, mais encore guider dans leurs recherches par des conseils toujours précieux.

On ne saurait dire combien son esprit lumineux et inventif lui suggérait d'idées ingénieuses à soumettre à tous les savants ses contemporains, aux travaux desquels il prenait en quelque sorte une part journalière, en s'associant à leurs efforts, dans les comptes rendus à l'Académie, en les stimulant et les relevant de leurs défaillances, à la suite d'insuccès momentanés, par l'indication de procédés nouveaux à employer, etc.

Député des Pyrénées-Orientales sous Louis-Philippe, il siégea à l'extrême gauche et réclama, jusqu'à la fin du règne, les réformes qui pouvaient éviter une révolution.

Porté au gouvernement provisoire de 1848 et chargé des ministères de la Guerre et de la Marine, il fit ensuite partie de la Commission des Cinq.

Il refusa le serment au nouveau gouvernement en 1852, comme directeur de l'Observatoire, en même temps que Cauchy le refusait comme professeur à la Sorbonne; le gouvernement n'osa révoquer ni l'un ni l'autre.

La Science doit à Arago une foule de découvertes personnelles en Astronomie, en Optique, en Électro-Magnétisme et en Physique proprement dite. Nous ne saurions mieux faire que d'en emprunter l'énumération à son éminent ami, M. de Humboldt.

Mais nous reproduirons d'abord l'aperçu général, parfaitement juste, dont il fait précéder cette énumération.

« Au milieu de ses travaux dans les différentes branches des connaissances humaines, Arago, dit M. de Humboldt, tendait toujours vers un même but : généraliser les aperçus, enchaîner les phénomènes qui avaient paru longtemps isolés, élever la pensée vers les régions les moins accessibles de la philosophie naturelle.

» L'action des forces manifestées dans la lumière, la chaleur, le magnétisme et l'électricité, aussi bien que dans le jeu des combinaisons et des décompositions chimiques, appartient à la série des mystérieux effets sur lesquels les brillantes découvertes du XIX^e^ siècle ont jeté une clarté inattendue. Dans le champ de ces glorieuses conquêtes, Arago s'est placé parmi les grands physiciens de notre époque. A la fois ardent à découvrir et circonspect dans les conclusions qui pouvaient dépasser la portée des résultats partiels, il aimait surtout à indiquer les voies nouvelles par lesquelles on pouvait de plus en plus approcher du but, et reconnaître l'identité des causes dans des phénomènes en apparence si divers. »

Voici d'après M. de Humboldt le tableau, « encore bien incomplet, dit-il, malgré les richesses immenses qu'il renferme », des travaux et des découvertes d'Arago :

Partie littéraire et biographique. — Composée principalement des éloges de Fresnel, Volta, Thomas Young, Joseph Fourier, James Watt, Carnot, Ampère, Condorcet, Bailly, Monge, Poisson, Gay-Lussac, Malus, Hipparque, Ptolémée, Almamoun, Albategnius, Aboul-Wéfa, Ebn-Jounis, Alphonse, roi d'Espagne, Regiomontanus, Copernic, Tycho-Brahé, Kepler,

Galilée, Descartes, Hévélius, Picard, Cassini, Huyghens, Newton, Rœmer, Flamsteed, Halley, Bradley, Dollond, Lacaille, William Herschel, Brinkley, Gambart, Laplace, Fermat, Abel, Lislet-Geoffroy, Molière, Delambre, Cuvier, Hachette, Dulong, Prony, Puissant, Bouvard, Gambey.

Partie relative à l'Astronomie et à la Physique céleste. — Travaux de la méridienne de France dans sa partie la plus méridionale, accomplis conjointement avec M. Biot. — Figure de la Terre. — Recherches sur la détermination précise des diamètres des planètes — nouveau micromètre oculaire et nouvelle lunette prismatique différente de celle de Rochon. — Solstices d'été et d'hiver; équinoxes de printemps et d'automne; déclinaisons d'étoiles australes et circumpolaires; position absolue de la polaire en 1813; latitude de Paris; parallaxe de la 61^e^ du Cygne (recherches faites avec M. Mathieu). — Observations géodésiques faites sur les côtes de France et d'Angleterre, avec M. Mathieu et des savants anglais, pour déterminer la différence de longitude entre Greenwich et Paris. — Recherches sur la déclinaison de quelques étoiles de première et de seconde grandeur, faites avec MM. Mathieu et de Humboldt. — Nouvelles recherches photométriques sur l'intensité comparative de la lumière qui émane du bord et du centre du disque solaire. — Intensité lumineuse dans les différentes parties de la Lune. — Variabilité de la lumière cendrée du disque lunaire. — Régions polaires de Mars. — Bandes de Jupiter et de Saturne. — Lumière des satellites de Jupiter comparée à celle de la planète centrale du petit système. — Constitution physique du Soleil et de ses diverses enveloppes. — Lumière qui émane des parties gazeuses du Soleil. — Phénomènes singuliers que présentent les éclipses

totales de Soleil. — Proéminences rougeâtres qui se montrent sur le contour de la Lune pendant la durée d'une éclipse totale du Soleil. — Rayons de lumière polarisée dans la lumière qui émane des comètes. — Cause de la scintillation des étoiles. — Tables de réfraction. — Irradiation. — Effet des lunettes sur la visibilité des étoiles pendant le jour. — Considérations sur la lumière atmosphérique diffuse. — Vitesse de la lumière des étoiles vers lesquelles la Terre marche, et des étoiles dont la Terre s'éloigne. — Vitesse de transmission des rayons de différentes couleurs. — Moyen fourni par les phases d'Algol pour mesurer la vitesse de transmission des rayons lumineux.

ASTRONOMIE POPULAIRE.

Partie optique. — Diversité de la nature de la lumière qui émane des corps incandescents, solides ou gazeux. — Moyen de distinguer, par le polariscope, la lumière polarisée de la lumière naturelle. — Rapport constant entre la proportion de lumière polarisée qui se trouve dans le faisceau transmis ou réfracté et celle qui existe dans le faisceau réfléchi. — Les rayons polarisés dans des plans perpendiculaires entre eux ne peuvent exercer aucune influence les uns sur les autres, ou, en d'autres termes, ne peuvent donner lieu à des franges (avec Fresnel). — Traité de Photométrie, fondé sur la théorie des ondes. — Réfraction des rayons lumineux dans différents gaz et sous différents angles. — Mémoire sur la possibilité de déterminer les pouvoirs réfringents des corps d'après leur composition chimique. — Recherches sur les affinités des corps pour la lumière (avec M. Biot). — Polarisation chromatique; fécondité de ses applications dans la Physique

céleste et terrestre. — Polarisation circulaire, ou rotatoire. — Anneaux colorés réfléchis et transmis. — Application de la double réfraction à la Photométrie. — Tables photométriques, offrant les quantités de lumière réfléchie et transmise par une lame de verre pour toutes sortes d'inclinaisons. — Évaluation de la perte de lumière lors de sa réflexion à la surface des métaux; elle est nulle dans le cas de la réflexion totale. — Démonstration expérimentale de la loi de Malus, dite loi du *Cosinus*, sur le partage de la lumière polarisée. — De la possibilité de construire un baromètre, un thermomètre et un réfracteur interférentiels. — Vues sur la mesure de la hauteur d'une montagne par le polariscope et sur celle des nuages à l'aide d'un polarimètre gradué.

Partie électro-magnétique. — Découverte de la propriété du fil qui unit les pôles d'une pile, d'attirer la limaille de fer. — Aimantation d'une aiguille au moyen d'un courant en hélice. — Magnétisme de rotation, par lequel il a été constaté que tous les corps sont susceptibles de devenir magnétiques. — Observations des variations horaires de la déclinaison magnétique à Paris depuis 1818; changements séculaires du même phénomène. — Discussion sur le mouvement de l'Est à l'Ouest, des intersections de l'équateur magnétique avec l'équateur géographique. — Perturbations qu'éprouve, par l'influence des aurores polaires, la marche des variations horaires de la déclinaison magnétique dans des lieux où l'aurore polaire n'est pas visible. — Simultanéité des perturbations de déclinaison, ou orages magnétiques, prouvée par des observations correspondantes entre Paris et Kasan, Paris et Berlin, Paris et les mines de Freiberg, en Saxe. — Observation de la déviation qu'éprouve, par l'approche d'un aimant, le jet de lumière qui réunit les deux extré-

mités du charbon conducteur, dans un courant électrique fermé; analogies qu'offre cette expérience avec les phénomènes que présente l'aurore boréale. — Découverte faite en 1827 de la variation horaire de l'inclinaison et de l'intensité magnétiques.

Partie relative à la Météorologie et aux principes généraux de Physique atmosphérique. — Détermination du poids spécifique de l'air, avec M. Biot. — Expériences faites avec M. Dulong, à l'effet de constater que la loi de Mariotte n'éprouve aucune altération essentielle jusqu'à la pression de 27 atmosphères. — Expériences dangereuses faites avec le même physicien, sur les forces élastiques de la vapeur d'eau à de très hautes températures. — Table des forces élastiques de la vapeur d'eau et des températures correspondantes. — Des halos et de la lumière polarisée que les halos reflètent. — Cyanomètres. — Recherches optiques sur les causes de la couleur des eaux de la mer et des rivières. — Froid produit par l'évaporation. — Recherches sur les quantités de pluie qui tombent à diverses hauteurs et en différents lieux. — Explication des effets nuisibles attribués à la Lune rousse. — Mémoire sur le tonnerre, la foudre et les éclairs de chaleur. — Expériences sur la vitesse du son, faites en 1822, conjointement avec MM. Gay-Lussac, Bouvard, Prony, Mathieu et de Humboldt.

Partie relative à la Géographie physique. — Niveau des mers. — Etat thermométrique du Globe. — Températures des mers à différentes latitudes et dans les différentes couches, jusqu'aux plus profondes. — Courants d'eau chaude et d'eau froide; — les eaux de l'Océan comparées à l'atmosphère qui les recouvre, sous le rapport de la température. — Couleur du ciel et des

nuages à différentes hauteurs au-dessus de l'horizon. — Point neutre de polarisation dans l'atmosphère. — Emploi d'une plaque de tourmaline taillée parallèlement aux arêtes du prisme, pour voir les écueils et le fond de la mer. — Température de l'air autour du Pôle boréal. — Température moyenne de l'intérieur de la Terre à des profondeurs accessibles à l'homme.

On voit par cette nomenclature des écrits laissés par Arago que leur auteur s'est un peu gaspillé; on peut dire qu'il aima mieux la Science que lui-même, car il s'imposa beaucoup de tâches ingrates, quoique utiles à remplir. Il eut pu faire de plus grandes choses.

Il ne lui reste guère en propre que la découverte du *magnétisme de rotation,* qui lui valut la médaille de Copley; celle de la *polarisation chromatique* et celle du *polariscope* qui permit de vérifier un grand nombre de faits annoncés par Fresnel et lui fit découvrir que la lumière renvoyée par l'atmosphère est souvent polarisée d'une manière très sensible.

Mais, comme nous l'avons déjà dit, tous les services rendus par Arago ne sont pas inscrits dans la liste de ses Mémoires. Il vivait en intimité philosophique avec presque tous les savants ses contemporains, s'associait à tous leurs travaux, y réfléchissait activement, et ses conseils, ses observations, ses suggestions ont été utiles à un grand nombre d'entre eux, notamment à Fresnel et à Ampère.

Il avait de bonne heure admis l'hypothèse des ondulations et contribua beaucoup à son adoption, par l'institution d'un grand nombre d'expériences destinées à constater la fausseté des conséquences auxquelles conduisait la théorie de l'émission, notam-

ment quant au rapport des vitesses de la transmission de la lumière dans des milieux inégalement denses.

C'est du reste, en partie, sur les indications qu'il donnait en public à l'Académie, lorsqu'il rendait compte de la correspondance, que MM. Fizeau et Foucault établirent leurs appareils pour la détermination de la vitesse de la lumière.

Je me rappelle avoir entendu Arago décrire en séance aux opticiens qui voudraient s'en charger la construction d'appareils destinés à permettre de comparer les vitesses de la lumière dans l'air et dans un milieu plus dense, tel qu'une plaque épaisse de cristal.

La théorie de Newton concluait à une vitesse plus grande dans un milieu plus réfringent et Arago voulait montrer l'erreur de cette affirmation, mais on ne trouva pas alors le moyen de donner au petit miroir à employer, une vitesse de rotation suffisamment grande.

Arago fit construire pour la mesure des intensités lumineuses des astres, un photomètre qui donna d'excellents résultats et permit en outre de vérifier ce principe de Fresnel que *la lumière polarisée réfractée est complémentaire de la lumière réfléchie.*

En Physique proprement dite, Arago a contribué à la détermination des indices de réfraction de diverses substances et, en collaboration avec Dulong, à la détermination des tensions maxima de la vapeur d'eau jusqu'à 212° centigrades.

Ses œuvres ont été réunies et publiées en 1856-1857 par M. Barral; elles forment 14 volumes in-8.

MAGENDIE.

(Né à Bordeaux en 1786, mort à Paris en 1855.)

Son père, qui était chirurgien, vint s'établir à Paris en 1792 et dirigea son fils vers les études médicales. Le jeune Magendie obtint, à dix-huit ans, une place d'interne dans les hôpitaux, devint peu après prosecteur à la Faculté de Médecine et fut reçu docteur en 1808. Il s'adonna tout entier à la Physiologie expérimentale, entra à l'Académie de Médecine dès sa formation (1819), fut nommé membre de l'Académie des Sciences en 1821, médecin de l'Hôtel-Dieu en 1830 et professeur de Physiologie au Collège de France en 1831.

Ses nombreuses expériences sur les animaux vivants l'ont conduit à une foule de découvertes heureuses. Il avait débuté par une critique du vitalisme de Bichat. Il montra que l'absorption n'est pas une propriété *vitale*, mais se réduit à un phénomène physique d'imbibition; que la vapeur exhalée dans l'expiration provient des membranes muqueuses qui recouvrent les voies respiratoires; que l'estomac peut être inactif dans le vomissement; que l'acide urique est un des principaux éléments des concrétions calculeuses; que les artères n'agissent pas sur la circulation par contraction mais par élasticité; que le liquide céphalo-rachidien se forme sous le feuillet viscéral de l'arachnoïde, etc.

Il fit connaître et étudia un grand nombre de médicaments nouveaux, la strychnine, la morphine, l'iode, l'acide prussique, etc., qui tous ont été admis dans la pratique.

Mais surtout on lui doit l'une des plus grandes découvertes de

ce siècle : la distinction entre les nerfs moteurs et les nerfs sensitifs, déjà entrevue, il est vrai, par C. Bell, en 1811, mais dont on n'avait pas la démonstration expérimentale.

Il était très sagace et très judicieux, mais surtout très indépendant et il exprimait souvent ses idées avec brusquerie, notamment au sujet de l'art de guérir auquel il ne croyait guère, quoiqu'il eut une nombreuse clientèle, près de laquelle, le plus souvent, il se bornait à « *ne pas interrompre le travail de la Nature* ».

Lorsque le choléra éclata à Paris en 1832, Magendie se confina à l'Hôtel-Dieu en disant : les riches ne manqueront pas de médecins.

Il fut mis à la tête du comité d'hygiène publique en 1848.

Ses principaux Ouvrages sont :

Sur les usages du voile du palais et sur la fracture des côtes (1808); *Examen de l'action de quelques végétaux sur la moelle épinière* (1809); *Mémoire sur les organes qui exercent l'absorption chez l'homme et les mammifères* (1809); *Mémoire sur l'usage de l'épiglotte dans la déglutition* (1813); *Mémoire sur le vomissement* (1813); *Mémoire sur les images qui se forment au fond de l'œil* (1813); *De l'influence de l'émétique sur l'homme et les animaux* (1813); *Mémoire sur l'æsophage et ses fonctions* (1813); *Mémoire sur la déglutition de l'air atmosphérique* (1813); *Mémoire sur les propriétés nutritives des substances qui ne contiennent pas d'azote* (1816); PRÉCIS ÉLÉMENTAIRE DE PHYSIOLOGIE (1816, 1817, 2 volumes); *Recherches physiques et physiologiques sur l'ipecacuanha* (1817); *Recherches physiologiques et médicales sur les symptômes et le traitement de la gravelle* (1818); *Recherches physiolo-*

giques et chimiques sur l'emploi de l'acide prussique dans le traitement des maladies de poitrine (1819); *Mémoire sur les vaisseaux lymphatiques des oiseaux* (1819); *Formulaire pour la préparation et l'emploi de plusieurs nouveaux médicaments* (1821); Mémoire sur quelques découvertes relatives aux fonctions du système nerveux (1823); *Mémoire physiologique sur le cerveau* (1828); *Leçons sur le choléra morbus* (1832); Leçons sur les phénomènes physiques de la vie (1836, 1842, 4 volumes); Leçons sur les fonctions et les maladies du système nerveux (1839, 2 volumes); *Recherches physiologiques et cliniques sur le liquide céphalo-rachidien* (1842), etc.

Magendie a en outre publié de 1821 à 1831 un *Journal de Physiologie expérimentale*, et collaboré au *Dictionnaire de Médecine et de Chirurgie* et au *Dictionnaire de Médecine usuelle*.

« Magendie, dit M. Claude Bernard, se méfiait extraordinairement du raisonnement, et craignait toujours que l'imagination, en falsifiant involontairement les faits, n'amenât l'abandon de la méthode expérimentale. Il estimait plus les expérimentateurs que les philosophes. Il redoutait les tentatives de généralisation prématurée; il pensait que celle-ci se fait d'elle-même quand le nombre des faits est suffisant. Il disait qu'il n'avait que des yeux, pas d'oreilles. »

« Magendie, ajoute M. Flourens, nous a transmis le flambeau de la Physiologie expérimentale, sans qu'il ait vacillé un seul instant dans sa main pendant un demi-siècle. »

BINET (JACQUES-PHILIPPE-MARIE).

(Né à Rennes en 1786, mort en 1856.)

Professeur de Mécanique à l'École Polytechnique et professeur d'Astronomie au Collège de France, élu membre de l'Académie des Sciences en 1843, en remplacement de Lacroix.

Il a publié dans différents recueils, principalement dans le *Journal de l'École Polytechnique*, un grand nombre de Mémoires de Mathématiques, de Mécanique et d'Astronomie.

C'est Binet qui a le premier étendu aux surfaces du second ordre les propriétés des coniques qui constituent les théorèmes d'Apollonius.

Il a donné une bonne démonstration de la nécessité d'adopter en Géométrie analytique la règle de Descartes, relative à la manière de compter les valeurs négatives des coordonnées. Cette démonstration avait passé inaperçue. Nous en reparlerons ailleurs.

VICAT (LOUIS-JOSEPH).

(Né à Nevers en 1786, mort en 1861.)

Il entra en 1804 à l'École Polytechnique et en sortit dans le corps des Ponts et Chaussées. Chargé en 1811 de construire à Souillac (Lot) un pont sur la Dordogne, il fut amené à faire des recherches sur les chaux hydrauliques et les ciments propres aux constructions qui peuvent être submergées. Il reconnut le premier que les propriétés des chaux hydrauliques naturelles tiennent à la présence d'une certaine quantité d'argile, et il entre-

prit de faire de la chaux hydraulique artificielle. Les piles du pont de Souillac reposent sur des masses de béton formées avec cette chaux.

La découverte de Vicat eut pour résultat de faire adopter dans la fondation des ponts le système du bétonnement.

Invité par le Gouvernement à continuer ses travaux sur les mortiers et les ciments, Vicat visita les bassins du Rhône et de la Garonne pour y découvrir les gisements de chaux hydraulique naturelle. En même temps il donnait aux ingénieurs les indications nécessaires pour la fabrication de cette chaux et du ciment romain.

L'Académie des Sciences le nomma un de ses correspondants en 1833 et lui décerna un de ses prix en 1837. Le conseil municipal de Paris lui offrit en 1841 un vase d'argent du prix de 2400^{fr}; enfin, sur le rapport d'Arago, la Chambre des députés lui vota en 1843, à titre de récompense nationale, une pension de 6000^{fr} reversible sur ses enfants. Il fut promu commandeur de la Légion d'honneur en 1847. Il prit sa retraite comme ingénieur en chef en 1853.

CHEVREUL (MICHEL-EUGÈNE).

(Né à Angers en 1786.)

Après avoir achevé son cours d'études à l'École centrale d'Angers, il vint à Paris à l'âge de dix-sept ans et eut le bonheur d'être admis aussitôt par Vauquelin dans sa fabrique de produits chimiques, dont il dirigea bientôt après le laboratoire.

Vauquelin l'avait choisi en 1810 comme préparateur de son

cours de Chimie appliquée au Muséum d'histoire naturelle. L'estime que lui témoignait son illustre maître lui valut, en 1813, le titre d'officier de l'Université et la chaire de Chimie au lycée Charlemagne.

Il fut nommé, en 1824, professeur de Chimie à la manufacture des Gobelins et directeur des teintureries dépendant de cet établissement. En 1826, il fut admis à l'Académie des Sciences en remplacement de Proust, et succéda, en 1830, à son maître Vauquelin dans sa chaire au Muséum. Il a été nommé depuis membre de la Société Royale de Londres et président de la Société d'Agriculture. Chargé à plusieurs reprises, par ses collègues, de l'administration du Jardin des Plantes, il eut à défendre les anciennes prérogatives du corps indépendant qu'il représentait contre les tentatives de l'administration. Il a été nommé directeur du Muséum en 1864.

La Science doit à M. Chevreul une infinité de découvertes de détail qu'il nous serait impossible d'énumérer. Nous nous bornerons à une analyse rapide de ses grands travaux sur les corps gras, les matières colorantes et l'art d'harmoniser les couleurs. Les *Recherches chimiques sur les corps gras d'origine animale*, qui ont fondé la gloire de M. Chevreul, ont paru en 1823. L'auteur y développait ses idées neuves sur l'assimilation des corps gras aux éthers. Il donnait la première théorie exacte de la saponification, indifféremment produite par les acides ou par les bases, en démontrant que les uns comme les autres tendent à activer la décomposition des substances grasses en acides et en glycérine, par l'absorption d'un certain nombre d'équivalents d'eau. Cette décomposition s'opère d'elle-même lentement à l'air libre; c'est elle qui produit le rancissement des graisses; l'eau

absorbée dans cette transformation concourt à la formation de l'acide gras qui en résulte, et la glycérine reste isolée.

Lorsqu'on soumet une substance grasse à l'action d'un acide énergique, la décomposition se produit instantanément, parce que l'acide intervenant sépare la glycérine pour s'unir avec elle; si c'est, au contraire, une base énergique que l'on fait agir, elle détermine la formation de l'acide gras, se combine avec lui, et la glycérine se trouve isolée.

La glycérine avait été découverte en 1779 par Scheele, mais elle n'avait été considérée jusqu'à M. Chevreul que comme accidentellement existante dans certaines huiles. C'est à l'illustre chimiste français qu'on doit de savoir qu'elle se sépare toujours dans la saponification de toute matière graisseuse, et c'est d'après lui qu'on a pu considérer ces matières comme de véritables sels formés de glycérine, base fixe, et d'un acide variable. Cette belle théorie a, comme on sait, conduit plus tard M. Chevreul à la découverte des bougies stéariques. La génération présente, habituée à y voir clair, ne peut pas savoir ce qu'elle doit à M. Chevreul. Il faut avoir vu sur la table de la veillée la pauvre chandelle pâle et malpropre, les mouchettes toujours pleines et sans cesse en fonctions, pour apprécier convenablement le service rendu par l'illustre académicien. Cette belle découverte a valu à son auteur, en 1852, le grand prix de 12,000 francs fondé par le marquis d'Argenteuil. La Société d'encouragement pour l'industrie nationale, en lui décernant ce prix, proclamait avec justice qu'elle ne faisait que consacrer l'opinion de l'Europe sur des travaux propres à servir de modèles à tous les chimistes. Ajoutons, à l'honneur de M. Chevreul, que jamais l'idée ne lui vint de songer à faire tourner ses découvertes à son profit personnel; qu'il a

généreusement enrichi la société et n'a voulu être que savant.

Les recherches dont M. Chevreul eut à s'occuper comme directeur des Gobelins ont donné lieu à la publication de ses *Leçons de Chimie appliquée à la teinture* (1828-1831); d'un Mémoire sur la *Loi du contraste simultané des couleurs et sur l'assortiment des objets coloriés, considéré d'après cette loi dans ses rapports avec la peinture* (1829); enfin, d'un autre Mémoire sur les *Couleurs et leurs applications aux arts industriels, à l'aide des cercles chromatiques* (1864). Ces Ouvrages ont popularisé dans nos manufactures et nos ateliers des idées neuves et justes dont l'application a eu les meilleurs résultats.

Outre un grand nombre de Mémoires insérés dans les recueils scientifiques et de communications faites à l'Académie et recueillies par le *Compte rendu* des séances, on doit encore à M. Chevreul d'importantes études sur l'*Histoire de la Chimie*, publiées par le *Journal des savants*; les *Considérations générales sur la Chimie organique et ses applications* (1824); les articles de chimie du *Dictionnaire des Sciences naturelles*, etc., etc.

M. Chevreul est commandeur de la Légion d'honneur depuis le 24 septembre 1844; il a été membre des jurys internationaux pour les expositions universelles de Londres et de Paris. Il a été promu grand-croix de la Légion d'honneur en 1875.

Ses derniers Ouvrages sont : *De la baguette divinatoire, du pendule dit explorateur et des tables tournantes* (1854); *Lettres adressées à M. Villemain sur la méthode en général et sur la définition du mot* FAIT, *relativement aux Sciences, aux Lettres et aux beaux arts* (1856); *Considérations sur l'Histoire de la partie de la Médecine qui concerne la prescription des remèdes* (1865); *Histoire des connaissances chimiques* (1866); *De la*

méthode a posteriori *expérimentale et de la généralité de ses applications* (1870); *D'une erreur de raisonnement* (1872); *Guano du Pérou* (1874); *Phénomènes de la vieillesse* (1875).

FRAUNHOFER (JOSEPH).

[Né à Stranbing (Bavière) en 1787, mort en 1826.]

Il était fils d'un pauvre vitrier et devint orphelin à douze ans. Il entra alors en apprentissage chez un fabricant de glaces et se mit à étudier l'Optique à ses heures de loisir.

La maison où il logeait s'écroula et l'ensevelit sous ses décombres; on l'en retira heureusement sain et sauf, ce qui fit que le roi de Bavière s'intéressa à lui et lui fit procurer des livres, où il put étudier les éléments des Sciences.

Il entra à vingt ans dans une grande fabrique d'instruments de Mathématiques et fut bientôt mis à la tête des ateliers d'optique. Il finit par devenir propriétaire de cet établissement.

Fraunhofer est l'inventeur du micromètre filiaire répétiteur, d'un héliomètre, d'un microscope achromatique. On lui doit aussi un perfectionnement apporté au télescope de Dorpat. Il est surtout connu par ses études sur les raies du spectre solaire.

Il a laissé plusieurs Mémoires insérés dans les *Astronomische Nachrichten*.

Il était conservateur du cabinet de Physique de l'Académie de Munich, associé de l'Institut astronomique d'Édimbourg et de l'Université d'Erlangen.

BEUDANT (FRANÇOIS-SULPICE).

(Né à Paris en 1787, mort en 1852.)

Il fut d'abord répétiteur à l'École normale supérieure, puis professeur de Mathématiques au lycée d'Avignon et ensuite professeur de Physique au lycée de Marseille. Il fut chargé par l'État de recherches minéralogiques en Hongrie (1818) et succéda peu après à Haüy, son maître, dans la chaire de Minéralogie à la Faculté des Sciences de Paris. Il fut nommé membre de l'Académie des Sciences en 1824 et devint inspecteur général de l'Université.

Outre de nombreux Mémoires insérés dans différents Recueils scientifiques, il a laissé : un *Traité élémentaire de Physique* (1824); un *Traité élémentaire de Minéralogie* (1824); et un *Cours élémentaire de Minéralogie et de Géologie* (1842).

Il a formulé, en Cristallographie, une loi, connue sous le nom de *loi de Beudant*, concernant la configuration des cristaux formés de substances différentes mais capables de se réunir en un même cristal. La formule de cette loi, malheureusement, n'est pas très claire.

OHM (GEORGES-SIMON).

(Né à Erlangen en 1787, mort à Munich en 1854.)

Il était fils d'un serrurier dont il partagea d'abord les travaux manuels. Il devint, en 1817, professeur de Mathématiques au Collège des Jésuites à Cologne. Il s'est particulièrement attaché à l'étude des phénomènes électriques, relativement auxquels il a

proposé les trois lois suivantes : 1° la grandeur du flux électrique entre deux molécules infiniment voisines l'une de l'autre est proportionnelle à la différence des tensions électriques sur ces deux molécules; 2° la déperdition d'électricité est proportionnelle à la tension et à un coefficient qui dépend de l'état atmosphérique; 3° au point de contact de deux corps, la différence des tensions électriques tend vers une constante.

Ces trois lois auraient été vérifiées par Techner, Despretz et Pouillet. Je n'y contredis pas, mais les termes n'en paraissent pas très clairs; quant à la proportionnalité, c'est toujours le premier terme d'une loi quelconque.

Ohm passa, en 1833, de Cologne à Nuremberg où il eut une chaire à l'École Polytechnique; il alla ensuite (1852) professer la Physique à l'Université de Munich.

La Société Royale de Londres lui décerna la médaille de Copley en 1841.

GAMBEY (HENRI-PRUDENCE).

(Né à Paris en 1789, mort en 1847.)

Il avait acquis de bonne heure des connaissances étendues sur toutes les Sciences. « De là, dit Arago, cette sûreté de vue, cette netteté de conception, ces dispositions intelligentes et judicieuses que les connaisseurs admiraient dans les instruments variés qui sortaient de ses mains. Tous portaient l'empreinte d'une imagination féconde, sagement maîtrisée par les règles inflexibles de la Science. »

Gambey débuta comme contremaître à l'École des arts et

métiers de Compiègne. La mort de son père le rappela à Paris. Il consacra les faibles ressources que cette perte mettait entre ses mains à fonder au faubourg Saint-Denis un petit atelier d'instruments de précision. Les premiers qu'il livra, soit à la marine, soit à différents observatoires privés, furent assez remarqués pour qu'en 1819 les promoteurs de l'exposition qui allait avoir lieu vinssent le prier de soutenir l'honneur du nom français, humilié par la supériorité des fabricants anglais et allemands. Gambey, qui n'avait rien fait en vue de cette exposition, n'avait plus que deux mois pour se mettre en mesure de répondre à la confiance qu'on lui témoignait. Il mit aussitôt la main à l'œuvre, et, deux mois après, un membre de la Société Royale de Londres déclarait que personne en Angleterre ne pourrait faire mieux que le jeune constructeur français, sous les deux rapports de l'élégance et de la précision.

Bientôt après, Gambey construisit son premier théodolite portatif, qui permit à une commission du Bureau des Longitudes de lutter sans désavantage avec une commission de savants anglais, munis de l'énorme instrument qui est le chef-d'œuvre de Ramsden.

Dès lors Gambey, investi de la confiance de tous les savants, fut associé par eux à tous leurs projets et appelé à réaliser leurs vues par l'invention d'instruments nouveaux, propres à permettre les expériences délicates qu'ils méditaient. « Croyait-on, dit Arago, entrevoir des difficultés sérieuses, insurmontables, dans les dispositions projetées des appareils, on manquait rarement d'en référer à Gambey; dans ces occasions, la satisfaction d'avoir contribué au progrès des connaissances humaines était la seule récompense à laquelle son cœur pût être sensible. »

C'est ainsi qu'il construisit le premier cathétomètre pour Dulong et Petit, l'héliostat pour Fresnel, etc.

Coulomb avait apporté dans la disposition des boussoles de déclinaison des perfectionnements d'une grande importance; mais il avait renoncé à toute amélioration analogue pour les boussoles d'inclinaison. « Ce que Coulomb croyait impraticable a été réalisé avec succès par Gambey. »

Il a construit, pour l'Observatoire de Paris, un équatorial dont la lunette, mise en mouvement par un rouage d'horlogerie, de manière à suivre les astres dans leur révolution diurne, se déplace d'une manière continue, condition indispensable, mais difficile à réaliser, le régulateur ne pouvant être qu'un pendule dont les impulsions sont naturellement intermittentes. « L'instrument a réussi, à l'entière satisfaction du Bureau des Longitudes. » La lunette méridienne dont se servaient nos astronomes sortait des ateliers de Ramsden; elle a été remplacée par une autre due à Gambey, dans laquelle on a été étonné, après tant d'efforts antérieurs, de trouver encore des perfectionnements et même des appendices tout nouveaux, pour mieux assurer la verticalité et l'orientation du plan de visée. Mais l'œuvre capitale de Gambey est son cercle mural, qu'il venait d'achever peu de temps avant sa mort, et qu'il avait divisé avec une perfection toute nouvelle, par un procédé dont malheureusement il a emporté le secret dans la tombe.

Gambey avait remporté trois fois la grande médaille d'or, aux expositions de 1819, 1824 et 1829; il fut décoré à l'occasion de celle de 1835, et nommé ingénieur constructeur de la marine. Peu de temps après, le Bureau des Longitudes l'appela dans son sein; enfin, en 1837, l'Académie des Sciences le nomma en rem-

placement de Mollari. Il est mort l'esprit plein de projets, occupé de l'établissement d'un nouvel équatorial gigantesque, qui a été achevé depuis sur ses plans, et qui occupe aujourd'hui le dôme de la grosse tour de l'Observatoire.

SEFSTRÆM (NILS-GABRIEL).

[Né à Jisbœ (Helsingtand) en 1787, mort à Falun en 1854.]

Élève de Berzélius, professeur de Chimie à Carlsberg en 1812, professeur adjoint au Carolinum de Stockholm en 1813, professeur à l'École d'artillerie de Marienberg, en 1818, directeur de l'École des seigneurs à Falun, en 1819, membre de l'Académie des Sciences de Stockholm, en 1815, et de la Société des Sciences d'Upsal, en 1833.

Il découvrit, en 1830, le vanadium dans un minerai de fer de Taberg, en Suède.

COUSINERY.

(Né vers 1787.)

Ingénieur des ponts et chaussées. On a de lui une *Geométrie perspective*, où il ne fait usage que d'une seule projection ou perspective plane. Dans son système, un plan est déterminé par sa trace sur le plan de projection et par la trace d'un plan parallèle mené par l'œil de l'observateur ou point central; une droite est définie de même par sa trace et celle d'une parallèle menée du point central, etc.

Les épures auxquelles donne lieu ce mode de représentation, ne sont pas plus compliquées que celles qui dérivent de la conception de Monge; on pourrait donc en faire usage soit dans la pratique, soit dans la théorie.

FRESNEL (AUGUSTIN-JEAN).

[Né à Broglie (Eure) en 1788, mort à Ville-d'Avray en 1827.]

Son père était architecte, sa mère était une demoiselle Mérimée. Il entra à treize ans à l'École centrale de Caen, et à seize ans et demi, à l'École Polytechnique, d'où il sortit élève ingénieur des ponts. Il remplit, comme ingénieur, jusqu'en 1814, diverses missions dans la Vendée, la Drôme et l'Ille-et-Vilaine.

Il prit les armes contre l'Empereur, au commencement des Cent jours et fut destitué. Il se rendit alors à Paris et commença ses belles recherches sur la lumière.

Le 28 décembre 1814, il écrivait à l'un de ses amis : « Je ne sais ce que l'on entend par polarisation de la lumière; priez M. Mérimée, mon oncle, de m'envoyer les ouvrages où je pourrais l'apprendre. » Huit mois après, il avait déjà fait d'importantes découvertes. En 1819, il remportait le prix proposé par l'Académie des Sciences sur la diffraction, et entrait à l'Académie en 1823; la Société Royale de Londres se l'associa en 1825, et lui décerna la médaille de Rumford, en 1827.

Il avait recouvré sa place d'ingénieur à la seconde Restauration et avait été attaché au service du pavage de Paris. Il fut nommé peu après répétiteur à l'École Polytechnique.

Il eut, en 1824, une attaque d'hémoptysie, dont il ne put se remettre complètement et à partir de laquelle il ne fit plus que languir.

Les premières recherches de Fresnel eurent pour objet les phénomènes de double réfraction : on ne connaissait du temps d'Huyghens que deux cristaux : le spath d'Islande et le quartz, jouissant de la propriété de diviser un faisceau incident en deux faisceaux obéissant, l'un à la loi de Descartes, l'autre à la loi plus compliquée établie par l'illustre géomètre hollandais. Fresnel commença par créer des moyens d'expérience propres à mettre en évidence la double réfraction dans tous les cristaux où elle pourrait exister, sans avoir été aperçue, par suite d'une trop faible divergence entre le rayon ordinaire et le rayon extraordinaire.

Bientôt après il faisait naître la double réfringence dans un prisme de verre comprimé, et parvenait ainsi à rendre compte de la propriété commune à presque tous les cristaux, en la rattachant à l'inégale composition que devaient naturellement présenter leurs éléments linéaires pris dans divers sens.

Fresnel n'était pas entré le premier dans cette voie nouvelle, mais ses expériences précises et convaincantes laissèrent bien en arrière les quelques tentatives isolées de ses prédécesseurs; quant à la théorie dans laquelle il sut comprendre les faits, elle constituait une nouvelle création, même après les vues émises par Huyghens.

Grimaldi avait, en 1665, aperçu le premier la possibilité de l'interférence de deux rayons lumineux; Hooke avait cherché, dans ce fait encore mal établi, l'explication des couleurs irisées que l'on remarque, par exemple, dans les bulles de savon; enfin,

le docteur Young avait mis le fait lui-même hors de doute; mais c'est à Fresnel qu'appartient la gloire d'avoir dirigé les expériences de manière à en faire sortir une théorie complète, fournissant d'une façon précise les conditions dans lesquelles l'interférence peut se produire pour chaque couleur du prisme.

Il reconnut d'abord que le phénomène ne peut se produire qu'entre des rayons identiques, c'est-à-dire de même couleur et de même réfrangibilité; que ces rayons doivent être partis du même point, de la même source lumineuse, et qu'ils doivent avoir parcouru des distances inégales. Ses recherches précédentes avaient déjà mis sur la voie de la belle théorie des ondulations, qui fournissait d'elle-même une explication toute naturelle du phénomène de l'extinction mutuelle de deux rayons.

Dans cette hypothèse, en effet, il devait suffire, pour que deux rayons interférassent, que les ventres de l'onde indéfinie, correspondante à l'un d'eux, coïncidassent avec les nœuds de l'autre onde; mais alors la différence entre les chemins parcourus par les deux rayons qui devaient interférer ne pouvait plus être unique : il devait suffire qu'elle fût l'un des termes d'une progression par différence, ayant pour raison la longueur d'une onde et pour premier terme la moitié de cette longueur. La vérification expérimentale d'une conséquence si précise de la théorie devait être regardée comme fournissant à elle seule une preuve éclatante de l'hypothèse même dont elle dérivait.

Cette vérification réussit pleinement; elle vint confirmer les vues hardies de Fresnel et fournir, résultat merveilleux, les valeurs exactes des longueurs d'onde correspondant aux différentes couleurs. Ces longueurs, dont aucun instrument n'eût pu donner directement la mesure, se calculent avec la plus grande

facilité; elles sont de l'ordre des dix-millionièmes du mètre.

Il arrive toujours lorsqu'une théorie exacte vient éclairer un nouvel ordre de faits, que les phénomènes jusque-là considérés comme exceptionnels et extraordinaires sont ensuite aperçus, à un degré plus ou moins atténué d'intensité, dans tous les faits les plus vulgaires, et permettent d'en expliquer les circonstances accessoires, négligées jusque-là. Cette nouvelle vérification ne manqua pas à la théorie de Fresnel : lorsque la différence des distances parcourues par deux rayons qui viennent ensuite se confondre, est un multiple impair de la demi-longueur d'onde, l'interférence se produit complètement; lorsque cette différence est un multiple pair de la même demi-longueur, il y a renforcement de lumière; dans tout autre cas, l'interférence est partielle, et si les rayons expérimentés sont composés, l'interférence, plus complète pour certains rayons colorés que pour d'autres, détruit les uns en laissant subsister les autres; par exemple, deux rayons de lumière blanche, interférant partiellement, doivent produire des effets de coloration. C'est, en effet, ce qui arrive dans une foule de circonstances où la lumière blanche paraîtrait devoir s'être entièrement recomposée, et où, cependant, les images perçues présentent des phénomènes de coloration très tranchés, lorsque, par exemple, une partie des rayons qui concourent à former l'image a traversé les mêmes milieux que l'autre partie, et en plus une lame mince dont l'épaisseur soit comparable à la demi-longueur moyenne d'une onde lumineuse.

Les derniers travaux de Fresnel, entrepris en collaboration avec Arago, ont eu pour objet la lumière polarisée. Les deux illustres associés se proposèrent de reconnaître les conditions dans lesquelles deux rayons polarisés pourraient interférer : ils

reconnurent que deux rayons polarisés parallèlement s'ajoutent ou interfèrent dans les mêmes circonstances où deux rayons naturels s'ajouteraient eux-mêmes ou interféreraient; mais que deux rayons polarisés rectangulairement perdent, au contraire, pour toujours la faculté d'interférer, quand même ils viendraient à être ramenés à des polarisations parallèles; enfin que deux rayons actuellement polarisés rectangulairement, et qui, dans cet état, ne pourraient pas interférer, le pourraient de nouveau dès qu'on les ramènerait à des polarisations parallèles s'ils avaient été antérieurement polarisés parallèlement. Ces nouveaux faits, plus extraordinaires encore que tous les précédents, rentraient aussi bien qu'eux dans la théorie de Fresnel et avaient été prévus par lui.

C'est à Arago qu'est due la découverte de la polarisation chromatique; Fresnel la compléta aussitôt par celle de la polarisation circulaire produite au moyen d'un cristal biréfringent convenablement taillé.

Ces magnifiques découvertes eussent suffi à la gloire de vingt physiciens. Fresnel y ajouta encore l'invention des phares lenticulaires, dont l'éclat est huit fois plus grand que celui des plus beaux phares à réflecteurs paraboliques, et qui donne un économie considérable. L'administration s'empressa d'autoriser Fresnel à faire établir un de ses appareils sur la tour de Cordouan; ils ont aujourd'hui remplacé les anciens phares sur toutes les côtes de France.

TREDGOLD (THOMAS).

(Né à Brandon, près de Durham, en 1788, mort en 1829.)

Mis à l'âge de quatorze ans en apprentissage chez un menuisier, il apprit seul les éléments des Mathématiques et les principes de l'art du constructeur. Il vint à Londres en 1813 et y trouva un emploi chez un de ses parents qui était architecte. Il a contribué au perfectionnement d'un grand nombre d'organes des machines, entre autres des engrenages. Il a publié un grand nombre d'ouvrages parmi lesquels nous citerons : *Principes élémentaires de l'art du charpentier* (1820); *Traité pratique des chemins de fer* (1825); *Traité des machines à vapeur* (1827). La plupart de ses ouvrages ont été traduits en français.

PELLETIER (PIERRE-JOSEPH).

(Né à Paris en 1788, mort en 1842.)

Fils de Bertrand Pelletier. Il s'est distingué par des découvertes importantes pour l'industrie et la pharmacie, notamment celle du sulfate de quinine, qui lui valut en 1827 le prix Monthyon de 10 000 francs qu'il partagea avec Caventon, son collaborateur.

PONCELET (JEAN-VICTOR).

(Né à Metz en 1788, mort à Paris en 1867.)

Placé à la campagne, près de Metz, chez un prêtre qui avait quelque instruction, il profita assez bien des leçons qu'il en

recevait pour se faire une petite réputation, moyennant laquelle il put être admis gratuitement au lycée de Metz. Là, grâce à un travail excessif, il enjamba les gradins des différentes classes, faisant deux années d'une seule, et s'adonna particulièrement à l'étude des Mathématiques.

Admis à l'École Polytechnique dans les premiers rangs de la promotion de 1807, il en sortit en 1810 pour entrer comme sous-lieutenant élève du génie à l'École d'application de Metz. Nommé lieutenant en 1812, il fut d'abord dirigé sur Ramekens, dans l'île de Walcheren, pour y coopérer à des travaux de défense, et rejoignit à la hâte la grande armée à Vitepsk. Laissé d'abord pour mort à la sanglante bataille de Krasnoï, où 7,000 Français, sous les ordres du maréchal Ney, soutinrent le choc de 25,000 Russes, il fut emmené prisonnier à Saratoff, sur le Volga, où il ne parvint vivant que grâce à son énergie exceptionnelle.

A peine remis des rudes fatigues de ce long voyage à pied, au milieu des neiges, il chercha dans le travail une distraction aux ennuis de la captivité et de l'isolement. « Réduit à ses souvenirs du lycée de Metz et de l'École Polytechnique, où il avait cultivé avec prédilection les ouvrages de Monge, de Carnot et de Brianchon, privé de tout livre et de tout instrument, il dut commencer par reprendre, presque aux éléments, ses études mathématiques. Les cahiers où il rappelait ainsi ses souvenirs servirent à des compagnons d'infortune pour compléter une éducation compromise par des campagnes actives et incessantes en Egypte, en Allemagne, en Italie, en Espagne. »

Bientôt après, il jeta les bases des recherches originales qui l'ont illustré depuis. En rentrant en France en 1814, il rapportait,

en effet, les manuscrits qui ont servi en 1822 de principal fondement au *Traité des propriétés projectives des figures*. Ces manuscrits ont été publiés en 1862 et 1864 sous le titre d'*Applications d'Analyse et de Géométrie* (2 vol. in-8°).

On peut juger de l'étendue des consolations que trouvent dans l'étude les esprits d'élite par ces paroles touchantes de la préface du second volume des *Applications* : « Lorsque, en juin 1814, à la notification de la paix générale, je dus inopinément quitter Saratoff, je ne pus me défendre d'une émotion profonde et d'un vif sentiment d'appréhension en me demandant si, au milieu de la vie active qui m'attendait, je pourrais poursuivre, comme dans le silence et la solitude de l'exil, les études qui en avaient adouci l'amertume et m'étaient par là devenues si chères. »

Réintégré, aussitôt après son retour, sur les cadres de l'armée active, il fut attaché à la place de Metz et prit part à la défense de cette ville après Waterloo. De 1815 à 1820, il prépara, au milieu des travaux dont il était chargé par la direction du génie, la publication du premier volume de son *Traité des propriétés projectives des figures*. Cette publication avait été précédée d'un rapport à l'Académie des Sciences, écrit par Cauchy, au nom de ses deux collègues Arago et Poisson et du sien propre. La tournure d'esprit d'Arago devait naturellement le porter en faveur de Poncelet; Poisson a dû rester indifférent, la question n'étant pas de son ressort; le rapporteur a pu être plus ou moins chapitré par Arago, mais il n'en a dû faire qu'à sa tête, suivant son habitude. Poncelet s'est beaucoup plaint du rapport de Cauchy ; nous penserions plutôt qu'il a été moins maltraité que la plupart des savants distingués qui, à diverses époques, ont essayé d'appuyer leurs débuts sur des approbations académiques. Que

les critiques contenues dans le rapport soient bien ou mal fondées, ce n'est pas, en effet, exclusivement la question. Le rapporteur ne peut pas, en basant son jugement, faire entièrement abstraction de sa manière de voir ; il ne peut pas rompre avec les habitudes de son esprit, il ne peut pas se substituer à l'auteur et, s'il ne s'associe pas à ses idées, il ne peut pas en faire un éloge exclusif.

Cauchy a rendu à la Science de grands, d'immenses services, parce qu'il était doué d'un incomparable talent pour les transformations analytiques ; mais il a tout autant fait rétrograder la méthode, parce qu'il était antiphilosophique au dernier degré. N'ayant que des idées négatives, il ne pouvait pas se laisser entraîner à affirmer le principe de continuité tel que le présentait Poncelet. « Ce principe, dit-il dans son rapport, n'est à proprement parler qu'une forte induction, à l'aide de laquelle on étend des théorèmes, établis d'abord à la faveur de certaines restrictions, au cas où ces mêmes restrictions n'existent plus. Étant appliqué aux courbes du second degré, il a conduit l'auteur à des résultats exacts. Néanmoins, nous pensons qu'il ne saurait être admis généralement et appliqué à toutes sortes de questions en Géométrie, ni même en Analyse. » La dernière partie de cet extrait suffirait à elle seule pour prouver que Cauchy n'avait pas saisi la moindre bribe des idées de Poncelet, mais ce résultat n'a rien d'étonnant. Cauchy n'admettait pas qu'il pût y avoir continuité entre les branches d'une même hyperbole ; il eût été bien difficile qu'il reconnût la continuité entre une ellipse et sa supplémentaire hyperbolique.

En attendant le rapport à l'Académie des Sciences sur ses *Propriétés projectives*, Poncelet avait publié dans les *Annales*

de Gergonne, de 1817 à 1819, une série d'articles du plus grand intérêt sur les polygones inscrits et circonscrits à une conique, dont les côtés passent respectivement par des points donnés, ou dont les sommets se trouvent sur des droites données; sur la *théorie des polaires réciproques*, etc.

Le premier volume de la *Théorie des propriétés projectives des figures* parut en 1822. Le second volume n'a été publié qu'en 1866; mais la plupart des chapitres dont il se compose avaient été donnés dans différents Recueils; ce sont la *Théorie des centres des moyennes harmoniques* et celle des *polaires réciproques* présentées à l'Académie des Sciences en 1824 et publiées dans le *Journal de Crelle* en 1828 et 1829; l'*Analyse des transversales*, présentée à l'Académie des Sciences en 1831 et publiée en 1832 dans le *Journal mathématique de Berlin;* enfin, la *Théorie des involutions multiples* présentée aussi à l'Institut en 1831, mais qui était restée inédite.

La commission chargée d'examiner le Mémoire relatif aux propriétés des *centres de moyennes harmoniques* était composée de Legendre, Ampère et Cauchy, rapporteur; celle qui eut à rendre compte du Mémoire relatif à la théorie des *polaires réciproques* se composait de Legendre, Poinsot et Cauchy, rapporteur. Le principe de continuité fut encore attaqué dans les deux rapports présentés à l'Institut; cependant ces rapports n'ont rien de désobligeant, au contraire. L'*Analyse des transversales* et la *Théorie des involutions multiples* ne donnèrent lieu à aucun rapport, l'auteur ayant été nommé membre de l'Académie des Sciences en 1834.

La *Théorie des polaires réciproques* donna lieu à une première polémique fort vive entre Poncelet d'une part, Gergonne

et Plucker de l'autre. Ce dernier paraît avoir été compromis, sans sa participation, par Gergonne, qui aurait publié sous sa signature des articles qu'il n'avait pas écrits, ou qui aurait altéré sans son aveu ceux qu'il adressait pour être insérés dans les *Annales de Montpellier*. La querelle reste donc entre Poncelet et Gergonne seul. Les droits du premier sont tellement évidents qu'il est impossible de retenir le blâme qu'a encouru Gergonne en essayant de refondre et de s'attribuer sous le nom de *principe de dualité* le principe de la théorie des *polaires réciproques*.

Le Mémoire que M. Chasles a joint en 1837 à son *Histoire de la Géométrie* et où il reprend, en les développant et les améliorant, les idées de Gergonne, a donné lieu de la part de Poncelet à une nouvelle revendication moins bien justifiée peut-être, en ce que si M. Chasles ne fait pas expressément honneur à Poncelet du principe de dualité, il ne peut, du moins, pas être accusé d'avoir voulu se l'approprier; car si la découverte n'appartenait pas à Poncelet, elle reviendrait de droit à Gergonne. M. Chasles, peut-on dire, le reproduit sans se préoccuper de son origine et en tire de nouvelles conséquences; il n'aurait, en tout cas, que le seul tort d'âvoir été plus ami de Gergonne que de la *vérité*, qu'il a mieux aimé laisser se produire comme elle pourrait.

Ses grands travaux en Géométrie pure non seulement n'avaient pas empêché Poncelet de remplir avec éclat ses fonctions d'ingénieur militaire ou de professeur de Mécanique appliquée à l'École de l'artillerie et du génie à Metz, mais il avait encore trouvé dans son activité et dans son caractère le temps et la force de créer, à l'exemple de Desargues, pour les ouvriers de Metz, des cours gratuits du soir, sur le modèle desquels il s'en est ouvert tant d'autres depuis, qui ont produit de si grands résultats.

La réputation d'ingénieur de Poncelet avait commencé à s'établir, dès son retour de Russie, par les projets qu'il eut successivement à fournir pour la construction de bâtiments et de fours d'embattage, pour l'établissement de martinets, de scieries, etc. Bientôt après, il avait présenté à la Société académique de Metz ses *Expériences sur le mouvement de l'air à l'origine des tuyaux de conduite* (1819), proposé l'emploi de son *nouveau pont-levis à contre-poids variable* (1824) et de ses *roues hydrauliques à aubes courbes, mues par dessous* (1824); aussi fut-il, dès 1825 et 1827, appelé à créer les cours de Mécanique à l'École d'application et à l'hôtel de ville de Metz.

Appelé à Paris en 1834 par suite de son admission à l'Académie des Sciences, Poncelet ne tarda pas à y être chargé (1838) de fonder, à la Faculté des Sciences, le cours de Mécanique appliquée qui y subsiste depuis cette époque.

Il fut nommé colonel dans son arme en 1845 et général en 1848, par l'heureuse influence d'Arago. Chargé de commander l'École Polytechnique de 1848 à 1850, il fut, en outre, représentant du peuple à l'Assemblée constituante, où il vota avec les républicains modérés, et ne fut pas réélu à la Législative.

Le général Poncelet, qui avait commandé en chef les gardes nationales réunies en juin à Paris, ne voulut pas, après 1852, profiter des droits que la loi lui accordait, en raison de cette circonstance; il se laissa mettre à la retraite et même rejeta les ouvertures de quelques vieux camarades qui voulaient lui faire obtenir un siége de sénateur. Il n'accepta que la pénible et laborieuse, mais utile fonction de président de la commission scientifique de l'Exposition de Londres. Depuis lors, il se démit successivement de ses places de professeur à la Sorbonne, de membre

du conseil de perfectionnement de l'École Polytechnique, etc. En 1853, il fut promu grand officier de la Légion d'honneur et il employa ses dernières années à mettre au jour au moins une partie des nombreux ouvrages manuscrits que les circonstances ne lui avaient pas permis de publier lors de leur composition. Malheureusement, il en reste encore un trop grand nombre que la postérité ne connaîtra peut-être pas. Ses dernières publications sont surchargées de notes historiques du plus haut intérêt et dont la franchise humoristique fait le plus grand honneur à son caractère.

Nous ne pouvons naturellement pas tenter même de résumer les travaux de Poncelet sur les *polaires réciproques*, les *transversales*, les *centres des moyennes harmoniques*, etc., pas plus que sur la Mécanique appliquée.

Nous nous bornerons à caractériser les perfectionnements apportés par cet éminent géomètre à la méthode considérée dans ce qu'elle a de plus général.

Rien, absolument rien, n'est à reprendre dans ses idées sur la continuité, dont l'évidence est aujourd'hui plus que parfaite. Si les successeurs immédiats de Cauchy n'ont pas encore voulu se rendre, cela tient simplement à ce qu'ils attribuent d'avance au mot de continuité un sens différent de celui dans lequel le prend Poncelet, qu'ils n'ont pas lu avec attention ses ouvrages et surtout qu'ils ne connaissent rien de ce qui a été fait depuis dans le même sens. Est-ce à dire pour cela que les propositions énoncées par Poncelet fussent assez claires par elles-mêmes pour que tout esprit loyal dût nécessairement s'en laisser pénétrer ? Nous ne le pensons pas. Poncelet a eu à lutter, et nous ne nous en étonnons aucunement, parce que, quoique ses idées puissent paraître au-

jourd'hui nettes et claires, elles ont été présentées sous une forme trop exclusive pour qu'elles pussent s'imposer dès le début. Les courbes supplémentaires dont Poncelet a introduit la considération pour restituer la possibilité à certains problèmes de Géométrie devenus momentanément impossibles, ces courbes supplémentaires sont parfaitement définies par des considérations géométriques très nettes, lorsqu'il s'agit des courbes du second degré, auxquelles Poncelet a toujours borné ses recherches, au moins sous le rapport qui nous occupe; mais, en premier lieu, Poncelet n'a jamais songé à retrouver les supplémentaires d'une conique dans les solutions imaginaires de cette conique rapportée à des axes quelconques. Il en est résulté que, bien que chaque supplémentaire pût être considérée comme fournie par certaines solutions imaginaires de l'équation de la conique, rapportée, pour cette déduction spéciale, à des axes convenablement choisis et uniques, ce mode analytique de définition, toutefois, n'a pu paraître que fortuitement applicable; d'un autre côté, la définition géométrique étant générale et la définition algébrique spéciale. comme, en définitive, Poncelet se proposait de donner à la Géométrie les ailes dont l'Algèbre était pourvue depuis longtemps, c'est-à-dire comme il prétendait reproduire par ses constructions les singularités des solutions algébriques embarrassées d'imaginaires, la vérification n'étant pas possible, puisque l'image seule était produite et que la formule restait absente, la conviction n'a évidemment pas pu naître.

Comment Cauchy aurait-il pu reconnaître la continuité entre une ellipse et l'une de ses supplémentaires hyperboliques définie géométriquement? D'abord, la continuité géométrique entre les deux courbes n'est pas complète, elle n'existe que sous la

condition restrictive de certaines modifications dans les signes; or, en laissant au mot le sens vague que ne lui peuvent enlever les considérations géométriques les plus raffinées, il existe une infinité de courbes qui, chacune dans un sens plus ou moins étendu, peuvent être considérées comme en continuité avec une courbe donnée. Tout raccord établit une continuité plus ou moins parfaite. Pourquoi Cauchy aurait-il donné son assentiment au choix exclusif proposé par Poncelet? Il ne pouvait tout au plus avouer que la justesse des résultats spéciaux obtenus dans chaque recherche; rien ne pouvait l'obliger à adopter le principe d'une manière générale.

La continuité telle quelle, plus ou moins intime, peu intime même, si l'on veut, entre une conique et ses supplémentaires, résulte de ce que l'une et les autres sont fournies par les solutions réelles et par les solutions imaginaires, continues entre elles, au point de vue algébrique, d'une seule et même équation. S'il s'était placé à ce point de vue, Poncelet n'eût plus rencontré aucune objection. Il lui eût suffi de montrer qu'il y avait convenance à représenter les solutions imaginaires de l'équation d'une conique, comme il l'a effectivement fait, sans l'avoir voulu, par ses courbes supplémentaires. Supprimer les imaginaires en supprimant l'intervention de l'Algèbre et, en même temps, les représenter était trop ou trop peu faire; quelque juste que fût l'idée, elle ne pouvait que difficilement faire son chemin.

La marche suivie par Poncelet avait, au reste, un inconvénient bien autrement grave. Si les coniques avaient des supplémentaires, les autres courbes devaient en avoir aussi; on pouvait bien admettre qu'on ne s'en occupât pas, mais il était impossible de ne pas s'en préoccuper. Or, Poncelet ne fournissait

aucun moyen de les définir, et dès lors les supplémentaires des coniques ne paraissaient plus tenir leur existence que d'une circonstance tout exceptionnelle. L'esprit de généralisation, surexcité par l'usage des méthodes modernes, devait réagir contre l'admission définitive d'une solution qui ne pouvait paraître que prématurément introduite.

Poncelet aurait certes pu aisément franchir le pas qui le séparait de la solution définitive de la question qu'il avait retournée tant de fois. S'il avait pu se rendre bien compte des objections qui lui étaient faites, il aurait tout naturellement été amené à réaliser ce nouveau progrès; mais, de même que Cauchy ne le comprenait pas, il ne comprenait pas non plus Cauchy. Il ne faut aucunement s'en étonner; ne voit-on pas, en effet, presque constamment les intelligences les plus riches se fortifier chaque jour de plus en plus dans le cercle des idées qui les ont d'abord séduites? Le progrès se fait par la superposition des couches successives d'esprits d'élite. Un même esprit pourra aller indéfiniment dans un sens, mais il ne changera pas de lui-même sa voie.

Nous n'avons considéré jusqu'ici Poncelet que comme géomètre; il a été mécanicien tout aussi remarquable. D'une part, c'est à lui au moins autant qu'à Coriolis qu'on doit l'énorme simplification apportée aujourd'hui à l'enseignement de la Mécanique rationnelle, et, de l'autre, c'est de ses cours à Metz que date véritablement la possibilité d'un enseignement utile de la théorie des machines industrielles.

C'est au reste Poncelet qui, presque au moment de mourir, a donné le premier l'explication mathématique du phénomène de la rotation du plan d'oscillation du pendule dans l'expérience de Foucault.

Son *cours de Mécanique appliquée aux machines*, qu'il avait professé à Metz et dont il existait des éditions étrangères assez mauvaises et faites sans sa participation, a été publié en 1873 par M. Kretz, ingénieur des manufactures de l'État.

PITOT.

(Né en 1788.)

Il est surtout connu par l'invention du tube qui porte son nom et qui sert à déterminer la vitesse d'un cours d'eau.

Ce tube est composé d'une branche horizontale, terminée en entonnoir, qui plonge dans le liquide, de façon que l'eau tende à pénétrer dans l'entonnoir, et d'une branche verticale dont l'extrémité est à l'air libre. L'eau s'élève dans le tube vertical au-dessus du niveau de la rivière, et la différence des deux hauteurs fait connaître la vitesse.

Pitot admettait pour cette différence la valeur $\frac{V^2}{2g}$, ce qui eut fait connaître la vitesse v, mais la formule n'est pas exacte.

Darcy a perfectionné l'appareil de Pitot.

BRANDE (WILLIAM-THOMAS).

(Né à Londres en 1788.)

Élu membre de la Société Royale en 1809, il remplaça Davy en 1812, sur la présentation de celui-ci, comme professeur de Chimie à l'Institution Royale, et eut pour suppléant, en 1820,

Faraday, avec qui il publia de 1816 à 1836 le *Journal trimestriel des Sciences et des Arts*. Il fut élu, en 1836, membre agrégé de l'Université de Londres. Il a laissé, entr'autres ouvrages, un *Manuel de Chimie*, très estimé, qui a été traduit en français, en allemand et en italien.

BECQUEREL (ANTOINE-CÉSAR).

[Né à Châtillon-sur-Loing (Loiret) en 1788, mort en 1878].

Ancien élève de l'École Polytechnique, il fit les dernières campagnes de l'Empire comme officier du génie, donna sa démission de chef de bataillon en 1815, et se livra exclusivement aux Sciences. Il s'occupa plus particulièrement des phénomènes de l'Électricité, et cette branche des Sciences physiques lui doit une partie de ses progrès. Ses recherches l'amenèrent à renverser la théorie du contact, par laquelle on expliquait les effets de la pile de Volta, et à construire la première pile à courant constant. On lui doit aussi la balance électro-magnétique, ainsi qu'une multitude de travaux sur l'électro-chimie, science dont il fut un des créateurs; des recherches sur la conductibilité électrique des métaux, sur les galvanomètres, sur l'électricité atmosphérique; un procédé de coloration électrique sur or, argent et cuivre; enfin une multitude d'applications de l'électro-chimie à la dorure, à l'argenture, etc. Parmi les substances qu'il obtint à l'aide des actions électriques lentes, on cite l'aluminium, le silicium, le glucinium, le soufre. l'iode en cristaux, les sulfures métalliques, le sulfure d'argent, les doubles iodures, le spath calcaire, la dolomie, les phosphates terreux et métalliques, etc. Membre du Conseil général du

Loiret, il a aussi beaucoup contribué par ses Mémoires à appeler l'attention du gouvernement sur l'amélioration des terres de la Sologne. M. Becquerel était professeur de Physique au Muséum d'histoire naturelle depuis 1837, administrateur de cet établissement, membre de l'Académie des Sciences (1829), membre correspondant de la Société Royale de Londres, etc. Outre un nombre considérable de mémoires spéciaux, il a donné les ouvrages suivants : *Traité de l'Électricité et du Magnétisme* (Paris, 1834-1840, 7 vol. in-4°); *Traité d'Électro-Chimie* (in-8°); *Traité de Physique appliquée à la Chimie et aux Sciences naturelles* (2 vol. in-8°); *Traité de Physique terrestre et de Météorologie* (1847); *Traité des engrais inorganiques*; *Des climats et de l'influence des sols boisés et déboisés* (in-8°); *Traité de l'Électricité et du Magnétisme* (1855, 2 vol. in-8°).

MARSH (JAMES).

(Né à Londres en 1789, mort à Woolwich en 1846.)

Après avoir pratiqué la Médecine à Dublin, il obtint un emploi à l'arsenal de Woolwich et s'occupa de Chimie. Il s'est rendu célèbre, en 1836, par l'invention d'un appareil servant à manifester les quantités les plus minimes d'arsenic.

L'expérience telle que la faisait Marsh pouvait aisément conduire à des conclusions fatalement inexactes. M. Régnault a indiqué les précautions indispensables que devaient prendre les experts dans l'emploi de l'appareil de Marsh.

DAGUERRE (LOUIS-JACQUES-MANDÉ).

(Né à Cormeilles (Seine-et-Oise) en 1789, mort à Petit-Brie en 1851.)

Il s'occupa d'abord de la peinture des décors pour les théâtres; il ouvrit au public en 1822 son diorama, qui eut une vogue immense, puis apprenant que Niepce avait, à Châlon-sur-Saône, trouvé le moyen de fixer des images héliographiques, problème dont il s'était occupé lui-même, il alla le trouver et s'associa avec lui pour mettre en commun leurs efforts.

Le 9 janvier 1839, Arago montra à l'Académie des Sciences la première épreuve obtenue par Daguerre et le 30 juillet de la même année l'État acheta, pour les rendre publics, les procédés du daguerréotype.

Daguerre a laissé les ouvrages suivants : *Historique et description du daguerréotype et du diorama* (Paris 1839) et *Nouveau moyen de préparer la couche sensible des plaques destinées à recevoir les images photographiques* (Paris 1844).

CAUCHY (AUGUSTIN-LOUIS).

(Né à Paris en 1789, mort en 1857.)

Il suivit avec distinction les cours de l'École Polytechnique, où il avait été reçu le second, à l'âge de seize ans, et ensuite ceux de l'École des ponts et chaussées. Il fut d'abord employé comme ingénieur aux travaux du port de Cherbourg, devint, en 1816, membre de l'Académie des Sciences, et occupa, vers la même époque, la chaire de Mécanique à l'École Polytechnique. Ayant perdu son emploi, pour refus de serment, après la Révolution de

1830, il se rendit à Turin, où une chaire de Mathématiques fut créée exprès pour lui; puis il fut appelé à Prague, en 1832, pour y diriger l'éducation scientifique du duc de Bordeaux. Revenu à Paris, en 1838, il enseigna les Mathématiques supérieures dans les établissements tenus par le clergé, notamment chez les jésuites de la rue de Sèvres. En 1839, Cauchy fut appelé à faire partie du Bureau des Longitudes; mais le gouvernement de Louis-Philippe ne ratifia pas cette nomination. La République de 1848 se montra plus tolérante. Cauchy fut nommé professeur d'Astronomie mathématique à la Faculté des Sciences de Paris, et il occupa cette chaire jusqu'en 1852, époque où il refusa de prêter serment au gouvernement sorti du coup d'Etat du 2 décembre. En 1854, il fut réintégré dans sa chaire, sans être astreint au serment.

Cauchy était d'une fécondité extraordinaire : on compte de lui plus de 700 *Mémoires*, insérés dans la collection de l'Académie des Sciences, ou dans d'autres recueils depuis 1813 jusqu'à sa mort.

Il a laissé aussi plusieurs Ouvrages didactiques et des *Exercices de Calcul différentiel et intégral.*

Il faut, pour juger Cauchy, distinguer en lui l'analyste et le penseur, le praticien et le théoricien, l'inventeur et le chef d'école. Comme inventeur, comme praticien, comme analyste, il n'y a qu'à louer et à admirer en lui; comme chef d'école, il n'y a qu'à reprendre; comme théoricien, il n'y a qu'à nier; comme penseur, on pourrait aller jusqu'à douter qu'il ait eu la conscience de ce qu'il faisait.

Cauchy, au reste, était un contraste : affable et bienveillant, il dirigeait invariablement la conversation sur ses propres travaux.

Facile à aborder, il n'a jamais pu laisser la parole à aucun visiteur : si on l'intéressait un instant, il prenait la plume pour rechercher à sa manière la démonstration des vérités qu'on lui annonçait, mais écouter lui était impossible; cependant il a fait, à l'Académie des Sciences, vingt fois plus de rapports que tous ses collègues, à temps égal.

Sincèrement dévoué aux idées catholiques, il n'a introduit dans la Science que des doctrines négatives, des démonstrations probantes, à la vérité, mais détournées et instituées en quelque sorte exprès pour voiler la véritable cause des faits.

Chercheur infatigable, quand il lui arriva de rencontrer des diamants, il ne sut jamais leur donner que des noms de pierres vulgaires. Non seulement il faudra refaire tous ses énoncés, mais il faudra souvent les retourner; c'est en effet presque toujours le sens négatif de la vérité qu'il vient de découvrir qu'il a soin de mettre en évidence. S'il avait trouvé de l'or dans le blanc d'Espagne, il aurait annoncé au monde que la craie n'est pas exclusivement formée de carbonate de chaux.

Les principaux efforts de Cauchy ont porté sur la théorie des résidus qu'il a fondée; sur la série de Taylor, dont il a essayé de déterminer les conditions de convergence; sur les permutations qui se produisent entre les valeurs d'une fonction implicite définie par une équation algébrique, lorsque la variable indépendante revient à sa valeur initiale, après avoir suivi un chemin quelconque, la fonction étant d'ailleurs restée assujettie à la continuité; sur les périodes des intégrales, périodes dont il a le premier donné une explication au moyen de sa théorie des résidus; sur l'intégration des équations différentielles; sur la mécanique des solides naturels, c'est-à-dire déformables et élastiques; enfin

sur la théorie de la lumière. Il a, en outre, soit complété, soit simplifié les démonstrations d'une foule de théorèmes d'Algèbre et d'Analyse supérieure, et refait, à son point de vue, celles d'un grand nombre d'autres.

L'invention la plus malheureuse d'un grand homme est toujours celle pour laquelle ses disciples professent le plus d'admiration ; il n'est pas d'élève de Cauchy qui, dans son résumé des théories du maître, ne produise sur le premier plan la vision dont il fut la dupe, dans ce songe où lui apparurent les fonctions non monogènes. On ne connaissait, avant Cauchy, que des fonctions pouvant servir à l'expression de lois naturelles, et on ne s'était pas donné la peine de les appeler monogènes. Cauchy crut devoir imaginer des pseudo-fonctions incapables de servir à quoi que ce fût, mais qui ne dussent pas être monogènes, c'est-à-dire dont la dérivée fût toujours indéterminée : il ne savait pas qu'on n'invente pas les fonctions, mais qu'on les découvre dans l'analyse des lois des phénomènes. Nous laisserons de côté les fonctions d'origine métaphysique dont Cauchy fut l'inventeur et que personne n'aura jamais à employer.

Il n'est vraiment pas permis de donner le nom de fonction de $x+y\sqrt{-1}$ à une expression $P+Q\sqrt{-1}$ où P et Q représentent deux fonctions quelconques de x et de y.

Au reste, pourquoi ce $P+Q\sqrt{-1}$ serait-il plutôt une fonction de $x+y\sqrt{-1}$ que de $x-y\sqrt{-1}$, de $x\times y\sqrt{-1}$, de $\frac{x}{y\sqrt{-1}}$, ..., ou plus généralement de

$$\varphi(x, y\sqrt{-1}),$$

φ désignant une fonction arbitraire.

Les deux idées fondamentales dont l'introduction dans la Science appartient en propre à Cauchy et sur lesquelles reposent ses plus belles recherches, consistent dans ces deux remarques : 1° qu'une fonction $f(x)$ qui, pour chaque valeur de sa variable, présente plusieurs valeurs, ne reprend pas nécessairement sa valeur initiale, lorsque cette variable revient elle-même à sa première valeur; 2° que la valeur d'une intégrale définie, correspondant à une suite fermée de valeurs de la variable, n'est pas toujours nulle. On conçoit, en effet, que quelques valeurs d'une fonction y puissent se permuter entre elles, aux environs d'un point du lieu $y = f(x)$, où elles deviennent égales. Mais une condition indispensable pour que ces permutations puissent s'effectuer avait toutefois échappé à Cauchy; cette condition est que les dérivées des valeurs de la fonction, qui se confondent momentanément, deviennent infinies, à partir du même ordre, au point considéré. L'omission de cette condition compliquait inutilement les règles à suivre dans la mise en pratique de la méthode, en obligeant à tenir compte d'une foule de points prétendus critiques qui ne présentaient effectivement rien de remarquable. Quant à la condition pour que $\int f(x)\,dx$ pût acquérir une valeur finie, dans un parcours infiniment petit, c'était évidemment que $f(x)$ devînt infini en un point de l'intérieur de ce contour; mais, comme l'observait très bien Cauchy, le résidu d'une intégrale, pour une suite fermée de valeurs de la variable, peut encore différer de zéro, sans que le coefficient différentiel doive devenir infini pour une valeur de la variable comprise entre celles qu'on lui a données : il suffit pour cela que la fonction ait acquis des valeurs différentes,

pour une même valeur de la variable, en allant et en revenant.

On conçoit aisément à combien de belles recherches pouvait conduire l'introduction dans la Science des deux idées que nous venons d'indiquer rapidement; Cauchy en a tiré un grand et beau parti, en les faisant servir à l'explication des périodes des intégrales.

On avait remarqué depuis longtemps que certaines intégrales élémentaires, quoique définies par leurs limites, ont une infinité de valeurs en progression arithmétique; telles sont :

$$\int \frac{dx}{\sqrt{1-x^2}}, \qquad \int \frac{dx}{x}, \qquad \ldots .$$

Abel avait constaté dans les intégrales elliptiques la même propriété à un degré encore plus élevé, ces intégrales, quoique définies, pouvant être augmentées de multiples entiers quelconques de deux constantes dépendant des coefficients de la fonction différentielle.

On avait donné à ces constantes le nom de *périodes* de l'intégrale; mais on n'avait pas pu en expliquer l'origine. La belle théorie des résidus fournit presque immédiatement l'explication du phénomène. En effet, dès qu'il était constaté que la valeur d'une intégrale, correspondant à un contour fermé, pouvait différer de zéro, on conçoit que la valeur de cette intégrale devait cesser d'être définie par ses limites, et que, pour obtenir toutes celles qui pouvaient correspondre à ces limites, il faudrait ajouter à l'une d'elles des multiples quelconques des différents résidus que pourraient donner tous les contours fermés imaginables.

Ces belles recherches immortaliseront certainement le nom de Cauchy; toutefois, il est impossible de ne pas faire remarquer

combien était singulière la méthode par laquelle Cauchy avait abordé ces hautes questions. Il fallait être aussi habile analyste que lui, pour tenter de fonder de pareilles théories sur la considération exclusive de points variant pour la plupart d'un système d'axes à un autre, c'est-à-dire n'ayant qu'une existence absolument relative; et être aussi peu géomètre que lui pour ne pas essayer de rechercher dans la courbe elle-même les propriétés caractéristiques de sa quadratrice, indépendamment du système des axes auxquels elle pourrait être rapportée.

Il était par exemple bien singulier de fonder deux théories distinctes pour les deux intégrales

$$\int \frac{dx}{x} \qquad \text{et} \qquad \int dx\sqrt{x^2-2}$$

qui servent à quarrer la même hyperbole.

Mais ce n'est pas là encore le plus grave reproche qu'on puisse adresser à la méthode de Cauchy : jamais son attention ne se porte que sur la variable indépendante, jamais il ne s'occupe de ce que sera devenue la fonction, lorsque la variable aura suivi un parcours donné; de sorte qu'il semblerait qu'il n'a jamais en vue que des fonctions uniformes, c'est-à-dire incapables de prendre des valeurs diverses, pour une même valeur de la variable.

Il appelle chemin fermé un chemin suivi par la variable et au bout duquel elle reprend sa valeur initiale. On ne peut réellement regarder comme fermé qu'un chemin le long duquel la fonction revient à sa valeur initiale en même temps que la variable. Au reste la valeur acquise par l'intégrale $\int y\,dx$ le long d'un chemin fermé par rapport à x n'est indépendante de la valeur initiale de

x, prise sur ce chemin, qu'autant que y revient à sa valeur initiale en même temps que x.

Mais, je le répète, tout porte à croire que, mentalement, Cauchy supposait toujours uniformes les fonctions dont il entendait parler, il a eu tort de ne pas le dire, et il a, par là, exposé aux plus graves erreurs ses disciples qui, voulant obliger les fonctions multiformes à se soumettre au joug des énoncés du maître ont été amenés, dans certains cas, à attribuer à ces fonctions des valeurs finales qu'elles ne pouvaient pas acquérir, en raison du chemin suivi par la variable.

Les recherches de Cauchy sur la convergence de la série de Taylor méritent les mêmes éloges et comportent les mêmes réserves. Abel paraît avoir fait le premier la remarque qu'une série ordonnée suivant les puissances croissantes de la variable est convergente ou divergente en même temps que la série des modules de ses termes. Cauchy en fit sortir ce beau théorème que la série de Taylor reste convergente tant que le module de $x - x_0$ reste inférieur au plus petit des modules des différences entre x_0 et les abscisses des points singuliers du lieu représenté par l'équation de y à la fonction développée; mais Cauchy et ses disciples se sont trompés dans l'application à faire de cet énoncé, d'abord en introduisant mal à propos la considération des points multiples où les dérivées de la fonction ne deviennent pas infinies, en outre en ajoutant arbitrairement à l'énoncé cette clause de pure invention que la série devait devenir divergente dès que le module de $x - x_0$ surpasserait le moindre de ceux des différences entre x_0 et les abscisses des points véritablement critiques du lieu.

Il convient au reste de remarquer que la proposition d'Abel, au lieu d'être formulée en un théorème analytique assez obscur

et encore obscurci par Cauchy, aurait pu être avantageusement convertie en une simple remarque fondée 1° sur ce que la convergence d'une série

$$(a_0 + b_0\sqrt{-1}) + \ldots + (a_n + b_n\sqrt{-1}) + \ldots$$

exige évidemment les convergences des deux séries

$$a_0 + \ldots + a_n + \ldots$$

et

$$b_0 + \ldots + b_n + \ldots;$$

c'est-à-dire exige que a_n et b_n tendent séparément vers zéro et par conséquent $\sqrt{a_n^2 + b_n}$; et 2° sur ce que $\sqrt{a_n^2 + b_n^2}$ ne pouvait pas tendre vers zéro sans que a_n et b_n y tendissent séparément.

Cela suffisait pour l'application à une série de la forme

$$A + B(x - x_0) + C(x - x_0)^2 + \ldots$$

en ce qui concernait la détermination du module de $(x - x_0)$, en écartant bien entendu les cas douteux qui ne présentent aucun intérêt.

Quant aux recherches de Cauchy sur les permutations des valeurs d'une fonction multiple, elles n'ont abouti qu'à un *desideratum* rempli, depuis, par M. Puiseux dans l'hypothèse seulement d'un parcours infiniment petit autour d'un des points critiques de la fonction; et, pour le cas d'un parcours fini, à une méthode impraticable, d'abord, mais, en outre, fondée sur l'emploi de la série de Taylor, dont, précisément, la région de convergence n'avait pu être déterminée que d'une façon très imparfaite.

Nous ne nous étendrons pas davantage ici sur ceux des travaux de Cauchy que nous venons d'énumérer. Nous les avons appréciés

plus longuement dans le troisième volume de notre *Théorie des fonctions de variables imaginaires*, et nous y renvoyons le lecteur pour plus de détails; au reste, ce troisième volume constitue une suite naturelle à cette Histoire.

Les autres grands travaux de Cauchy ont eu pour objet d'abord des applications de sa théorie des résidus considérée en dehors du point de vue qui y avait donné naissance et qui se rapporte au Calcul intégral.

L'une des périodes de l'intégrale

$$\int \frac{\varphi(x)}{x-a}\,dx,$$

où $\varphi(x)$ ne s'annule ni ne devient infinie pour $x=a$, est

$$2\pi\sqrt{-1}\,\varphi(a).$$

C'est la valeur qu'acquiert l'intégrale considérée, lorsque le point $[x, y]$ décrit l'une des conjuguées elliptiques de la branche de la courbe

$$y=\frac{\varphi(x)}{x-a},$$

qui est asymptote à $x=a$, laquelle branche tend à se confondre avec l'hyperbole

$$y=\frac{\varphi(a)}{x-a}\,(^1).$$

(¹) Ce ne sont pas là les idées de Cauchy qui, du reste, ne sachant pas, avant d'avoir écrit en 1854 son rapport sur un de mes Mémoires, que les périodes de la quadratrice d'une courbe restent les mêmes quels que soient les axes auxquels elle est rapportée, n'a pas pu compléter sa théorie des résidus parce qu'il ne pouvait les apercevoir qu'autant que la fonction placée

Mais Cauchy débarrasse la période du facteur $2\pi\sqrt{-1}$, et ce qu'il appelle résidu de la fonction

$$\frac{\varphi(x)}{x-a}$$

est $\varphi(a)$.

C'est par la considération de ces résidus que Cauchy parvient à établir ce beau lemme :

« Soit $f(r)$ une équation algébrique à coefficients réels ou imaginaires, dans laquelle on attribue à la variable une valeur de la forme $x+y\sqrt{-1}$; le premier membre se présentera sous la forme $P+Q\sqrt{-1}$, P et Q désignant deux fonctions réelles et entières des variables x, y. A chaque système de valeurs de x, y considérées comme des coordonnées, correspondra un point déterminé dans un plan, et on tracera dans ce plan un contour S qui ne passe par aucun des points racines de l'équation. Le rapport $\frac{P}{Q}$ aura, en chaque point du contour une valeur particulière; mais si l'on parcourt le contour, en partant d'un certain point et en avançant toujours dans le même sens, jusqu'à ce qu'on revienne au point de départ, ce rapport pourra devenir nul ou infini suivant que P ou Q seront nuls. Cela posé, soit n le nombre de fois que le rapport $\frac{P}{Q}$ s'évanouit et change de signe en passant du positif au négatif et n' le nombre de fois qu'il s'éva-

sous le signe $\int$ deviendrait infinie pour une valeur finie de la variable, c'est-à-dire qu'autant que la courbe à quarrer aurait une asymptote parallèle à l'axe des y; mais c'en est l'équivalent dans le langage que j'ai adopté.

nouit et change de signe en passant du négatif au positif, le nombre n ne sera jamais inférieur au nombre n' et la différence $n - n'$ sera égale au double du nombre des racines égales ou inégales de l'équation, renfermées dans le contour proposé ».

Cette remarquable proposition ne donne pas par elle-même le nombre des points racines de

$$f(r) = 0,$$

compris dans le contour S, puisqu'il resterait à relever les changements de signe de $\frac{P}{Q}$, mais elle peut y conduire dans quelques cas; c'est pourquoi j'ai cru pouvoir la qualifier de lemme, quoiqu'on lui donne ordinairement le nom de théorème.

J'ai assez longuement étudié les travaux de Cauchy dont je viens de rendre compte, et qui ont fait pour moi l'objet de recherches personnelles, pour avoir cru pouvoir me permettre d'en donner franchement mon avis.

Je connais infiniment moins ceux de ses autres travaux qu'il me resterait à analyser et je m'en tairais peut-être si je ne croyais agréable au lecteur de lui en présenter d'intéressants comptes-rendus que je trouve dans l'excellent ouvrage publié en 1868 chez M. Gauthier-Villars, par M. Valson, professeur à la Faculté des Sciences de Grenoble et associé par l'Académie des Sciences de Paris à la publication des œuvres complètes de l'illustre géomètre.

Je pense que M. Valson me permettra les emprunts que je vais lui faire.

Équations différentielles.

« Cauchy avait déjà donné, dans ses leçons à l'Ecole Polytechnique, une méthode rigoureuse pour les équations différentielles du premier ordre, ainsi que pour un système d'équations simultanées du même ordre, quel que fut le nombre des variables; plus tard il revint sur cette question et compléta ses premières recherches dans divers Mémoires, particulièrement dans un Mémoire lithographié à Prague en 1835, et imprimé dans les *Nouveaux Exercices* pour l'année 1840.

» Le point de départ de la nouvelle méthode consiste dans la réduction de l'intégration d'un système d'équations différentielles à l'intégration d'une seule équation aux dérivées partielles du premier ordre. L'idée de cette réduction fut suggérée à Cauchy par les recherches de M. Hamilton sur les équations différentielles de la Mécanique, dont l'intégration se ramène, en dernier lieu, à la détermination d'une fonction représentée par une intégrale définie qui satisfait à deux équations du second ordre aux dérivées partielles.

» Cauchy appelle *équation caractéristique* l'équation aux dérivées partielles qui peut ainsi remplacer un système d'équations différentielles, et il nomme *intégrales principales* les intégrales générales de ce système, représentées par des intégrales particulières de l'équation caractéristique. En faisant ensuite usage des règles relatives au calcul des limites, il parvient non seulement à démontrer dans tous les cas l'existence des intégrales, mais encore à donner, sous une forme précise, leurs développements en séries, et à fixer les limites des erreurs commises quand on s'arrête après un certain nombre de termes.

» *Equations linéaires.* La plupart des questions de Physique mathématique conduisent à des équations différentielles linéaires dont, le plus souvent, les coefficients sont constants, au moins si l'on se borne à une première approximation. Dans ces questions on a ordinairement à considérer quatre variables indépendantes : les trois coordonnées et le temps; mais le nombre des inconnues ou variables principales peut être quelconque, et il faut déterminer les valeurs générales des variables principales quand on connaît, à un certain moment pris pour origine, leurs valeurs initiales et celles de leurs dérivées. Lagrange avait donné une méthode pour effectuer l'intégration dans le cas où il n'y a qu'une seule variable indépendante..... Mais cette méthode présentait plusieurs inconvénients sérieux, comme le fait remarquer Cauchy dans les termes suivants : « 1° Lagrange est forcé lui-même de » modifier sa méthode dans le cas où l'équation auxiliaire offre » des racines égales; 2° il est bien dur, pour un géomètre qui » veut suivre cette méthode, de se croire obligé à introduire dans » le calcul des constantes arbitraires qui doivent être éliminées » plus tard et remplacées par les valeurs initiales de la variable » principale et de ses dérivées; 3° il y a même quelque incon- » vénient, sous le rapport de la complication des calculs, à com- » mencer par réduire un système d'équations différentielles » données à une seule qui renferme une seule variable principale. » sauf à revenir par un calcul inverse, de la valeur générale de » cette variable principale aux valeurs de toutes les autres. »

» La méthode de Cauchy donne, au contraire, le moyen d'exprimer immédiatement les valeurs générales des variables principales qui doivent vérifier un système d'équations différentielles linéaires à coefficients constants, en fonction de la variable

indépendante et des valeurs initiales des variables principales et de leurs dérivées, sans avoir à établir aucune distinction et à s'occuper séparément du cas où l'équation auxiliaire offre des racines égales.

» Cauchy fit voir ensuite que cette même méthode s'applique également à un système d'équations aux dérivées partielles, linéaires et à coefficients constants.

» L'un des principaux résultats auxquels est arrivé Cauchy peut s'énoncer ainsi :

» Étant donné un système d'équations linéaires aux dérivées » partielles et à coefficients constants, entre les coordonnées, le » temps et plusieurs variables principales, avec les valeurs ini- » tiales de ces variables et de leurs dérivées, on réduit la » recherche des valeurs générales des variables principales à » l'évaluation d'une intégrale définie sextuple relative à six » variables auxiliaires, la fonction sous le signe $\int$ étant propor- » tionnelle à une exponentielle, dont l'exposant est une fonction » linéaire des variables indépendantes et réciproquement pro- » portionnelle au premier membre de l'équation caractéris- » tique. »

Mécanique.

« Tous les corps, même ceux qu'on appelle solides, sont sujets à des déformations continuelles. Sous l'influence des forces extérieures, un nouvel état d'équilibre s'établit; les molécules, après avoir été écartées de leur position primitive, tendent incessamment à y revenir en exécutant une série de vibrations infiniment petites. De là naissent des tensions ou des pressions, des conden-

sations ou des dilatations dont l'étude est l'objet de la théorie de l'élasticité.... Navier est le premier qui ait entrepris d'analyser les lois élémentaires de l'équilibre et du mouvement des systèmes; ses recherches sont consignées dans plusieurs Mémoires publiés en 1831 : on y trouve les équations différentielles du problème. Parmi les géomètres qui s'occupèrent de la même question vers cette époque, on doit citer surtout Lagrange, Poisson et Cauchy. Ce dernier s'appliqua principalement à généraliser la solution et à la rendre indépendante des diverses conditions particulières auxquelles on s'était d'abord assujetti. Ainsi, par exemple, on avait cru nécessaire, pour ramener le calcul à des intégrations, d'admettre l'hypothèse de la continuité de la matière. Mais une pareille supposition est tout à fait inadmissible; non seulement la matière n'est pas continue dans les corps, mais certains phénomènes permettent d'affirmer que les diverses molécules sont séparées les unes des autres par des espaces extrêmement considérables relativement à leurs propres dimensions. Les efforts de Poisson pour lever cette difficulté avaient été infructueux : Cauchy fut plus heureux. Au principe de la continuité de la matière, il substitua la notion incontestable de la continuité des déplacements géométriques; d'ailleurs les couples de molécules qui réagissent mutuellement restent complètement indéterminés, leur nombre et leurs dimensions peuvent varier d'un milieu à un autre, et par suite, leurs distances réciproques sont tout à fait arbitraires; les résultats de la théorie en demeurent indépendants. Il y a plus : Cauchy avait d'abord considéré les corps comme des systèmes de points matériels simples, et cette hypothèse lui avait suffi pour expliquer la plupart des phénomènes; toutefois, il en est d'autres pour lesquels il convient d'étendre ce

point de vue et de regarder les molécules élémentaires comme étant elles-mêmes composées d'atomes groupés de diverses manières, ce qui est conforme à la réalité. Les formules de Cauchy s'adaptent également à un système de cette nature....

» Lorsqu'un système vient à être dérangé de sa position naturelle d'équilibre par des forces quelconques intérieures ou extérieures, il en résulte des déformations et des changements de densité et de pression dont l'étude offrait de grandes difficultés. Diverses tentatives avaient déjà été faites pour les lever.... Mais les difficultés subsistaient encore dans leur ensemble. Plusieurs des principes admis étaient même défectueux. Ainsi, en ce qui concerne les pressions exercées à l'intérieur des corps, on supposait qu'elles étaient dirigées normalement aux éléments des surfaces pressées et que, de plus, elles étaient les mêmes en tous sens autour d'un point. Mais cette hypothèse est rarement admissible et il était important d'établir les équations générales de l'équilibre et du mouvement sans y avoir recours. C'est ce que fit Cauchy dans une série de Mémoires où il étudie les lois de variations des pressions et des tensions, des condensations et des dilatations dans les systèmes. Ses recherches sur cette matière l'ont conduit à une foule de résultats remarquables....

» L'établissement des équations générales exige qu'on sache exprimer l'équilibre des forces appliquées à un élément de masse quelconque pris dans les corps. La forme de cet élément peut, du reste, être choisie arbitrairement; la figure du parallélipipède est la plus simple et se présente naturellement; aussi est-elle habituellement employée ainsi que celles du cylindre, du prisme et de la sphère. Cauchy y joint les conditions d'équilibre relatives à un élément tétraédrique, ce qui permet d'étudier plus facile-

ment les phénomènes qui se passent dans le voisinage de la surface des corps. La considération de cette dernière forme conduit à des résultats qu'il serait difficile d'obtenir d'une autre manière.

» Signalons encore une autre difficulté. Pour qu'un problème de Mécanique puisse être résolu, il ne suffit pas de définir exactement la constitution des systèmes et les conditions variées auxquelles ils sont assujettis : il faut encore connaître la nature et les lois des forces qui sollicitent chaque point matériel.... On pouvait donc supposer que, pour entreprendre l'étude de la Mécanique moléculaire, il serait indispensable de trouver d'abord les lois des forces intérieures en vertu desquelles les molécules s'attirent ou se repoussent. Mais la détermination de ces lois paraît extrêmement difficile, et aujourd'hui encore, on sait très peu de choses à ce sujet. Heureusement cette connaissance n'est pas indispensable : les mouvements moléculaires des corps sont de l'ordre des infiniment petits, et, pour les analyser, il suffit de savoir, ce qui est un fait d'expérience, que les actions élémentaires s'exercent à des distances insensibles et s'évanouissent aussitôt que la distance devient appréciable. Cette circonstance permet de ramener immédiatement les équations à la forme linéaire, et on en déduit l'explication des phénomènes sans avoir besoin de faire aucune autre hypothèse sur les lois de variation des forces avec les distances. La discussion comparative des expériences avec les formules conduira, au contraire, dans certains cas, à des aperçus utiles sur la nature même des forces.

» La solution d'un grand nombre de questions de Physique mathématique dépend des équations de condition relatives aux limites des corps.... La question se ramène à la recherche des lois suivant lesquelles un mouvement simple est modifié en pas-

sant d'un milieu dans un autre. La recherche de ces lois avait inutilement occupé les géomètres et la plupart de leurs résultats reposaient sur des hypothèses contestables. Dans divers Mémoires publiés en 1839 et 1840, Cauchy fit connaître les véritables principes de la solution....

» Le premier travail de Cauchy sur la Mécanique se rapportait à la théorie des ondes et fut composé en 1815 à l'occasion d'un concours ouvert par l'Académie pour le grand prix de Mathématiques. La question était proposée dans les termes suivants : « Une masse fluide pesante, primitivement en repos, a été mise » en mouvement par l'effet d'une cause donnée ; on demande, au » bout d'un temps déterminé, la forme de la surface extérieure » du fluide et la vitesse de chacune des molécules situées à cette » même surface. » Cauchy résolut complètement le problème et, de plus, généralisa la solution en étudiant, non seulement l'état de la surface extérieure, mais encore celui de la masse entière du fluide.

» Parmi les problèmes de Mécanique dont Cauchy s'est le plus occupé se trouve encore la théorie de l'équilibre et du mouvement des tiges et des plaques élastiques.... Cauchy ajouta beaucoup aux recherches de ses devanciers, donna une explication nouvelle des faits déjà connus et en découvrit d'autres que l'expérience a ensuite vérifiés. »

Optique.

« En partant de quelques faits simples et bien observés, et en combinant avec une rare sagacité les résultats de l'expérience et du Calcul, Fresnel était arrivé à donner une explication à peu près complète des phénomènes si variés de l'Optique. Il restait

toutefois à réunir les théories partielles en un seul corps de doctrine, en les rattachant aux lois fondamentales de la Mécanique. Au reste, les principes eux-mêmes n'étaient pas suffisamment à l'abri de toute objection. Plusieurs des inductions de Fresnel, et notamment la rectangularité des vibrations par rapport au rayon lumineux, furent vivement combattues par divers savants éminents, au nombre desquels se trouvait Poisson.... Cauchy démontra que cette dernière hypothèse était non seulement compatible avec les équations générales des mouvements infiniment petits des systèmes matériels, mais qu'elle en était la conséquence naturelle....

» Les équations générales de l'Optique n'ont été données pour la première fois que par Cauchy dans divers Mémoires publiés en 1829 et 1830. Elles se présentaient comme un cas particulier de ses recherches sur les mouvements infiniment petits des systèmes de molécules sollicitées par des forces d'attraction et de répulsion mutuelles. »

Toutefois, comme il s'agissait alors de milieux composés des molécules des corps pesants et de celles de l'éther qui en pénètre les intervalles, Cauchy avait dû donner une plus grande extension à ses formules : « Pour obtenir une théorie complète de la lumière, il fallait analyser d'une manière générale les mouvements qui peuvent coexister dans un double système de molécules qui se pénètrent mutuellement. » D'ailleurs pour passer de l'un des cas à l'autre, il fallait introduire un principe nouveau relatif au changement que pouvait subir l'état de l'éther dans le passage à travers la surface de séparation de deux milieux : vide sidéral, atmosphère de gaz, liquides ou solides diaphanes. Ce principe, que Cauchy appelle *principe de continuité*, « consiste à admettre

que les molécules d'éther, intérieures ou extérieures, forment un système unique et continu, et que les déplacements moléculaires, ainsi que leurs dérivées partielles, varient par degrés insensibles quand on passe d'un milieu à l'autre. »

La théorie analytique de Cauchy le conduisit à la conception de rayons particuliers, qu'il appelle *évanescents*, et qui correspondraient à des vibrations longitudinales, comme celles qui transmettent le son. « En général, lorsqu'un mouvement simple se propage dans un milieu isophane, il donne naissance à trois systèmes de vibrations : les unes transversales, c'est-à-dire perpendiculaires à la direction du rayon, les autres longitudinales, c'est-à-dire dirigées dans le sens même de l'axe du rayon.

» La théorie des rayons évanescents est l'un des résultats les plus remarquables des recherches de Cauchy sur l'Optique, et confirme en même temps d'une manière décisive l'exactitude des principes de sa méthode, car elle donne l'explication de phénomènes très singuliers, dont on n'avait auparavant aucune idée, et qui ont été, du reste, complètement vérifiés par les expériences de M. Jamin.

» Pour étudier les phénomènes de dispersion, il devient nécessaire de compléter les équations fondamentales, en tenant compte des termes secondaires qui avaient pu d'abord être négligés (dans l'explication de la réflexion, de la réfraction et de la polarisation). En suivant cette idée qui lui fut suggérée par Coriolis, Cauchy parvint, non seulement à assigner les causes du phénomène de la dispersion, mais encore à en fixer les lois, qui, malgré les travaux de plusieurs physiciens, étaient restées jusqu'alors inconnues.

» La dispersion de la lumière n'a pas lieu à travers les espaces

célestes.... ; il en est de même pour les gaz.... : elle est due dans les corps solides ou liquides à l'influence des molécules pondérables, qui modifie la constitution du milieu éthéré.... »

» La comparaison des résultats de l'expérience et de l'Analyse relativement au phénomène de la dispersion conduit à une foule de conséquences du plus haut intérêt sur la constitution et les vibrations de l'éther : nous indiquerons sommairement les plus remarquables.

» Quel que soit le degré de subdivision de la matière pondérable, celle de l'éther est d'un ordre incomparablement plus élevé, de telle sorte que, dans un espace élémentaire renfermant quelques molécules de matière, les molécules d'éther se compteront par millions de millions. Quant à la vitesse de propagation de la lumière, elle est proportionnelle à la racine carrée de la densité de l'éther toutes les fois que la dispersion est nulle. Si la dispersion se produit, le rapport des vitesses de propagation, en passant du violet au rouge, ne surpassera pas l'unité de un cent millième. En admettant ce rapport, on trouve que la distance de deux molécules voisines d'éther est inférieure à trois millionièmes de millimètre, c'est-à-dire inférieure à un deux centième de l'épaisseur moyenne des ondes, de sorte que la dimension des ondulations est de beaucoup supérieure à la distance des molécules éthérées.... »

» L'une des principales objections adressées à la théorie des ondulations de l'éther se tirait de l'existence des ombres ou de la propriété que possèdent les écrans d'arrêter la marche des rayons lumineux. Cauchy a résolu cette objection d'une manière définitive en montrant comment l'explication de ces faits se déduit des équations générales des mouvements lumineux, et en donnant

simultanément l'interprétation des phénomènes de diffraction qui se manifestent par des franges produites vers les bords des objets éclairés. Ses recherches l'ont de plus conduit à des résultats analogues, et jusqu'alors inconnus, pour les ondes sonores. »

Quoiqu'en raison de mon incompétence, j'entende n'assumer aucune responsabilité à l'égard des jugements que je viens de rapporter, j'ai cru devoir les résumer aussi complètement que possible, dans l'intérêt général, parce qu'ils émanent d'une personne doublement autorisée, d'abord en raison de son savoir, mais surtout en raison de la connaissance parfaite qu'elle a de l'ensemble des travaux de Cauchy.

M. Terquem a donné, en 1857, dans les *Nouvelles Annales de Mathématiques*, une analyse des travaux de Cauchy, qui complète heureusement, sous certains rapports, l'étude de M. Valson. Nous en citerons quelques passages.

« Mathématicien dans le sens le plus large, l'esprit de Cauchy n'était pas cantonné dans un coin de la Science. Partout il fondait, partout il créait, partout il était au premier rang.

» A l'instar des éminents génies en toute carrière, les chefs-d'œuvre de Cauchy, ses plus belles découvertes datent de sa jeunesse.

» Son théorème sur les polyèdres, que tant de siècles ont laissé sans démonstration, complète la Géométrie d'Euclide. Il établit la vérité d'un théorème de Fermat qui a rebuté un Descartes, résisté aux efforts d'un Euler, d'un Gauss. Avant Sturm, il indique un moyen, compliqué il est vrai, mais certain, de trouver le nombre des racines comprises entre deux limites désignées. Il remanie, enrichit considérablement la théorie des détermi-

nants, des fonctions alternées : théorie entamée par Vandermonde et Laplace. Ses considérations morphologiques (ou relatives à la théorie des substitutions) sont un point de départ pour les travaux d'Abel sur les formes, (et) permettent à l'illustre norwégien d'établir l'impossibilité de la résolution générale des équations....

» Ses instruments les plus habituels, qu'il manie avec une dextérité sans égale, sont le symbole imaginaire et l'infini, effroi des géomètres vulgaires....

» Abel nous apprend qu'il a puisé toutes ses connaissances dans les écrits de Cauchy (c'est bien loin d'être exact) : un tel aveu est le meilleur des panégyriques.

» Puisse-t-on nous donner par ordre de matières la liste complète des Œuvres et Mémoires du Gauss français, et, en substance, les principaux résultats, les formules fondamentales, le tout accompagné d'un indispensable vocabulaire. Nous aurions ainsi l'inventaire des plus précieuses richesses mathématiques du sol français. »

Nous ajouterons aux appréciations que nous venons d'emprunter à M. Valson et à M. Terquem, quelques mots relatifs à la méthode de Cauchy pour l'intégration des équations aux dérivées partielles du premier ordre et à l'invention des équations dites *Canoniques* ou *Hamiltoniennes* de la dynamique, dont l'honneur lui revient en partie.

C'est dans un Mémoire présenté en 1819 à la *Société philomatique* que Cauchy a donné, le premier, une méthode générale pour l'intégration des équations aux dérivées partielles du premier ordre à une seule inconnue. Pfaff, avant lui, avait essayé de résoudre la question (Mémoires de l'Académie de Berlin pour

1814), mais outre que la méthode de Pfaff ne conduisait pas toujours au résultat, elle reposait sur des calculs beaucoup plus compliqués que ceux de Cauchy. Jacobi, qui a longtemps cherché à perfectionner la méthode de Pfaff, avait fini, à la fin de sa carrière, par retrouver celle de Cauchy, mais sous une forme moins satisfaisante. Il n'avait pas eu connaissance du Mémoire de 1819.

Nous devons ajouter que l'une des transformations employées par Cauchy pour l'intégration des équations aux dérivées partielles du premier ordre, lui a peut-être été inspirée par la lecture du beau Mémoire d'Ampère sur les équations aux dérivées partielles du second ordre, qui se trouve dans les XVII^e^ et XVIII^e^ Cahiers du *Journal de l'École Polytechnique.*

Quant aux équations canoniques, elles avaient été rencontrées par Cauchy dans un Mémoire présenté le 11 octobre 1831 à l'Académie de Turin et dont le titre est : *Sur la Mécanique céleste et sur un nouveau Calcul qui s'applique à un grand nombre de questions diverses.*

Si le lecteur désirait de plus amples détails sur la théorie de Cauchy pour l'intégration des équations aux dérivées partielles du premier ordre, il les trouverait dans l'ouvrage qu'a donné M. Mansion sur ce sujet. (Paris, Gauthier-Villars, 1875.)

Outre les grands travaux dont nous venons de donner un aperçu, on doit encore à Cauchy une infinité de perfectionnements de détail sur tous les points des Mathématiques.

Il lui est aussi souvent arrivé de retirer de l'oubli d'importantes observations de ses devanciers.

C'est ainsi que la méthode d'élimination de Cauchy n'est autre

que la méthode indiquée par Bezout dans une remarque qui n'avait dû frapper personne, parce que, la théorie des déterminants n'étant pas encore née, on n'aurait pu en tirer aucun parti effectif.

De même, le théorème de Cauchy, que toute équation algébrique a une racine, appartient à Gauss, et Cauchy n'a fait qu'ajouter au vice de la démonstration de Gauss.

Il est évident que pour mettre en doute l'existence des racines d'une équation algébrique, il fallait que Cauchy n'en eût pas de définition : il ne se rendait pas compte que les racines d'une équation de degré m étant les formules qui en donneraient les solutions arithmétiques dans le cas où elles existeraient toutes, ces racines sont naturellement en nombre m, et que toute la question était de savoir si dans les équations de degrés supérieurs l'impossibilité pouvait recevoir d'autres formes que celles qui avaient été rencontrées dans les équations que l'on savait résoudre algébriquement.

En d'autres termes, l'incertitude ne pouvait porter que sur la forme arithmétique, et non sur l'existence des racines.

Cauchy appelle racines d'une équation des quantités de la forme $a+b\sqrt{-1}$ qui, substituées conformément à des règles conventionnelles, suivant lui, rendraient identiquement nul le premier membre de cette équation.

Il refuse d'apercevoir que ces conventions non seulement n'ont été faites par personne, mais qu'elles arrivent en retard en ce qui concerne les équations du deuxième, du troisième et du quatrième degré.

Quant à rechercher l'origine nécessaire de ces règles prétendues conventionnelles, il n'y a jamais songé.

Sans doute, Cauchy a rendu de grands services en contribuant puissamment à vaincre l'absurde horreur pour les imaginaires qui possédait autrefois les géomètres; mais son influence sur l'enseignement est loin d'avoir toujours été heureuse. Quant à ses disciples, ils ont naturellement exagéré ses défauts, et l'on n'entend plus parler que de conventions. C'est aujourd'hui par convention que $- \times -$ font $+$, cent ans après les lumineuses observations de D'Alembert; c'est par convention que

$$\sqrt{-1} \times \sqrt{-1} = -1,$$

etc., etc.

L'étude qu'a donnée au public M. Valson *sur la vie et les travaux du baron Cauchy* est aussi complète au point de vue biographique qu'au point de vue scientifique; elle est très attachante, dans ses deux parties; de plus elle est très sincère et très vraie. Elle inspirera à tout le monde une profonde estime pour l'homme qui a mérité de tels éloges et une profonde vénération à tous ceux qui partagent ses idées religieuses.

Cauchy alliait un grand caractère à une grande modestie, il a toujours fait ce qu'il croyait être son devoir, sans ostentation comme sans crainte, sans se préoccuper de ses intérêts; il a aussi simplement que noblement refusé le serment à Louis-Philippe et à Napoléon III, il a tenu jusqu'à sa dernière heure celui qu'il avait antérieurement prêté à la branche aînée des Bourbons. De rares faveurs lui ont été offertes, il n'en a jamais demandé. Il est resté invariablement attaché à sa foi religieuse, sans en faire montre ni la cacher, et sans jamais se laisser aller à blesser des sentiments opposés. Il n'a ni recherché ni refusé les honneurs. Encore moins s'est-il préoccupé d'accroître sa fortune, se con-

tentant d'un modeste patrimoine et du traitement des quelques places qu'on lui a laissées et qu'il remplissait avec le plus grand zèle. Il a obtenu l'affection et l'estime d'hommes tels que Lagrange, Laplace, Legendre, Delambre, etc. Quoique peu riche, comme je l'ai dit, il dépensait beaucoup en œuvres charitables.

J'ai critiqué sans scrupule ses doctrines et ses méthodes scientifiques et je le ferais encore, mais je rends un sincère hommage à son beau caractère, à son intégrité, à sa fidélité aux principes qui avaient prévalu dans son entendement et dans sa conscience. Je vais plus loin : je crois que les quelques erreurs qu'on pourrait lui reprocher n'ont eu d'autre cause que des défauts de jugement qui n'affectent pas la valeur morale, car il peut arriver qu'on se trompe.

Ainsi il aurait certainement mieux fait de ne pas accepter, à l'Académie des Sciences, la place de Monge destitué par ordonnance, mais sa vie entière proteste contre l'accusation d'avidité. Je crois qu'il ne s'est même pas posé la question du refus ou de l'acceptation. Son roi, représentant de Dieu sur la terre, l'appelait à l'Académie, il n'a pas discuté l'ordre, il a obéi, probablement sans empressement, et par cela seul qu'un refus eût été à ses yeux sacrilège et impie.

Cauchy était très bienveillant, je l'ai déjà dit; il l'était pour tous ceux qui venaient à lui, sans s'occuper des croyances de personne, à moins, bien entendu, qu'on ne le blessât dans les siennes, auquel cas il est assez naturel de se défendre; il a rendu d'éminents services à une foule de jeunes gens. Il avait cependant un travers grave, celui de ramener à ses propres travaux tous ceux dont il avait à rendre compte. J'en citerai un exemple caractéristique qui se rapporte à moi. J'ai ailleurs, dans le troisième

volume de ma *Théorie des fonctions de variables imaginaires,* discuté le rapport qu'il a bien voulu faire à l'Académie sur mon Mémoire relatif aux périodes des intégrales simples et doubles; il s'y trouve quelques erreurs et quelques maladresses sur lesquelles je ne reviendrai pas ici parce qu'elles n'ont pas rapport à la question; mais j'en tirerai une preuve évidente de ce que j'avance.

On sait que j'appelle conjuguées d'un lieu

$$f(x, y) = 0$$

les lieux correspondants aux solutions de l'équation $f(x, y) = 0$ où les parties imaginaires de y et de x sont dans un rapport constant, mais arbitraire, c'est-à-dire aux solutions formant tous les systèmes tels que

$$x = \alpha + \beta\sqrt{-1},$$
$$y = \alpha' + \beta C\sqrt{-1};$$

on sait aussi que je construis chacun de ces lieux en prenant pour ses coordonnées

$$x_1 = \alpha + \beta,$$
$$y_1 = \alpha' + \beta C;$$

enfin l'on sait que tous ces lieux sont liés au lieu réel de telle façon qu'on les retrouve les mêmes, ayant la même figure et la même situation par rapport à la courbe réelle, quels que soient les axes auxquels cette courbe vienne à être rapportée.

Je démontrais dans mon Mémoire que la valeur acquise par l'intégrale

$$\int y\, dx$$

le long du contour d'une de ces conjuguées, supposée fermée, est le produit de son aire par $\sqrt{-1}$ et il en résultait évidemment que

toutes les conjuguées d'une courbe donnée, comprises entre les mêmes branches de cette courbe, ont même aire, parce que, comme l'avait démontré Cauchy, l'intégrale devait conserver la même valeur dans les parcours de deux contours fermés infiniment voisins.

C'était là un théorème de Géométrie pure consistant dans l'extension aux courbes algébriques de tous les ordres du second théorème d'Apollonius

$$\pi a' b' \sin\theta = \pi ab,$$

qui signifie que toutes les ellipses conjuguées d'une même hyperbole ont même aire.

J'étendais ensuite le même théorème aux surfaces algébriques de tous les ordres.

Cauchy admet tous ces faits et les confirme dans son rapport, mais il dit de la découverte que je lui apporte : « Cette dernière proposition se déduit d'un théorème donné par l'un de nous ! » On peut dire que tout est dans tout ; mais du diable si mon théorème se trouve dans les *affixes* et dans les chemins fermés de Cauchy où la variable est seule représentée. En tout cas, la même proposition relative aux surfaces algébriques ne se déduit d'aucun théorème donné par le rapporteur.

Au reste, mon théorème aurait plutôt servi de preuve à celui de Cauchy que l'inverse, car si celui de Cauchy n'avait pas été exact, la moindre intégrale aurait eu, en vertu du mien, une infinité de périodes, à savoir les produits par $\sqrt{-1}$ des aires de toutes les conjuguées fermées de la courbe dont cette intégrale donnerait la quadrature.

J'avoue qu'ici je ne vois pas matière à illusion, à moins que

Cauchy n'ait eu celle de considérer la Géométrie comme une chimère évanescente, en présence de l'Analyse pure.

Je ne dirai rien des croyances religieuses de Cauchy, mais je tiens à dire quelques mots de ses idées philosophiques.

Je ne prendrai pour cela d'autre texte qu'une seule page de lui, que je choisis un peu au hasard. Voici cette page :

« C'est ici peut-être le lieu d'examiner ce qu'il faut entendre par les mots de tolérance et de liberté. Que demandent les partisans d'une liberté illimitée? Que chacun ait le droit de faire ce que bon lui semble. Mais s'il en est ainsi, chacun voudra faire ce qui lui est le plus utile, ce qui servira le mieux ses intérêts. Or, loin que les intérêts des hommes se trouvent tous d'accord, ces intérêts sont constamment en opposition les uns avec les autres.... D'ailleurs, prenez-y garde, la liberté que Dieu a donnée à l'homme n'est pas un droit : c'est une faculté de choisir entre le bien et le mal, entre le juste et l'injuste, entre le vice et la vertu.... On peut user ou abuser de la liberté. Mais la raison, d'accord avec la loi divine, nous enseigne clairement que le bon usage de la liberté doit être récompensé, que l'abus doit être puni. Ainsi l'on ne peut jamais accorder aux hommes, comme un droit, la liberté de faire le mal..., jamais les lois humaines ne peuvent autoriser le mal comme principe, et une loi qui le ferait serait nulle de soi.

» Parlons maintenant de la tolérance, ou plutôt de la charité chrétienne, car, sous peine de ne plus s'entendre, il est bon de ne pas changer le sens que les mots ont reçu. L'erreur matérielle et l'erreur morale, qui traîne le vice à sa suite, se trouvent directement opposées aux intérêts matériels et moraux de l'homme et

de la société. L'erreur est donc l'éternelle ennemie de l'homme.

» La vérité seule peut lui donner d'utiles conseils, mais comme tel homme qui adopte aujourd'hui l'erreur peut la rejeter demain, il en résulte que l'erreur ne doit pas être confondue avec celui qui a le malheur de s'y attacher....

» C'est précisément l'amour que nous portons à nos semblables qui nous interdit de favoriser jamais la propagation de l'erreur. Cette règle est commune aux gouvernements et aux individus. Assurément personne ne s'avisera jamais de soutenir que, dans les cours de Sciences, on doive enseigner indifféremment les vraies et les fausses théories : l'oxygène et le phlogistique, la pesanteur de l'air ou l'horreur de la nature pour le vide, les attractions moléculaires ou les atomes crochus d'Epicure. Eh bien ! la proposition qu'on rougirait de faire quand il s'agit des Sciences abstraites, ou de la Physique, ou de la Chimie, attendu que par des doctrines erronées on pourrait compromettre des intérêts matériels, cette proposition deviendra-t-elle licite lorsqu'il s'agira de la Science à laquelle se rattachent nos intérêts les plus élevés, nos immortelles destinées ; de la Science qui a pour objet les rapports de l'homme avec ses semblables, de la créature avec son créateur ? »

Il y a un peu de tout dans ce texte, sauf de la précision et de la netteté.

Et d'abord Cauchy n'a pas su distinguer, dans les livres sacrés, ce qui est humain de ce qui est divin, je veux dire ce qui est d'ordre législatif de ce qui est d'ordre religieux ; ce qui concerne les devoirs de chaque homme envers ses semblables de ce qui concerne ses devoirs envers la divinité telle qu'il la conçoit.

Cette confusion devait, comme il arrive, conduire Cauchy à invoquer le bras séculier pour la défense des croyances religieuses aussi bien que des principes moraux ou sociaux.

Les gouvernements modernes, mieux éclairés que les anciens, se sont aperçus qu'on peut arriver à la certitude en ce qui concerne les lois morales, tandis qu'on ne le peut pas en ce qui concerne les croyances religieuses, puisque la discussion, plus elle se prolonge, ne fait jamais qu'accroître les dissentiments, comme le prouve la multiplication presque indéfinie des églises, même parmi les chrétiens. En conséquence, les gouvernements modernes se sont bornés à imposer le respect des lois morales, ou sociales, en laissant chacun libre dans ses croyances religieuses. Je souhaite que cette tolérance se perpétue et je pense que toutes les églises s'en applaudiront plus tard.

En second lieu, Cauchy ne sait évidemment pas mieux ce qu'il entend par le bien ou le mal, que ce qu'il entend par les racines d'une équation algébrique, je veux dire qu'il n'en a pas de définitions.

Cauchy n'a jamais dû se poser la question pourquoi, tandis qu'il existe tant de religions, il n'y a cependant qu'une seule morale, commune à tous les hommes, sous toutes les latitudes et tous les climats. S'il se l'était posée, il aurait pu reconnaître que les lois morales ne sont que l'expression même des conditions d'existence des sociétés.

Penseriez-vous qu'une fourmi qui, au lieu de travailler au bien commun, irait se poster en embuscade le long du sillon tracé par ses sœurs, pour enlever de force leur butin aux plus faibles, en les tuant au besoin, penseriez-vous que cette fourmi échapperait longtemps à la vindicte publique?

La même morale est commune non seulement à tous les hommes, mais à tous les animaux qui vivent en société, cette société ne fut-elle même que temporaire, comme dans les accouplements. Car le mâle sait fort bien que sa femelle va être chargée de soins nouveaux, et la reconnaissance qui l'attache à elle lui dictera ses devoirs : il lui prêtera *aide et assistance*, c'est-à-dire il lui apportera sa nourriture et veillera à sa sécurité. Cela a lieu dans toutes les espèces où la femelle ne pourrait pas se suffire à elle-même. Quant aux autres espèces, l'accouplement même n'engendre pas de société et la morale disparaît, parce qu'elle n'aurait pas de fonction à remplir, au moins en ce qui concerne le sexe fort, car il reste encore la société de la mère et des petits.

Les gouvernements établis par les sociétés ont le devoir d'en maintenir les lois, bien faciles à reconnaître; mais pourquoi la mère abeille se préoccuperait-elle des croyances d'une de ses filles sur l'origine et la fin des choses et des êtres. De quel droit un de ces insectes terroriserait-il les autres pour établir entre eux l'unité de croyance.

Qu'est-ce que le bien et qu'est-ce que mal? je suis sûr que Cauchy aurait répondu : le bien est ce qui est conforme à la volonté de Dieu et le mal ce qui lui est contraire. C'est là une mauvaise définition et qui, loin d'entraîner l'acquiescement, ne produirait que des discordances.

Le bien est ce qui tend à resserrer les liens sociaux, le mal, ce qui tend à les relâcher ou à les rompre.

L'assassinat, je pense, ne dénote pas la sociabilité, donc il est mauvais. On reconnaîtra aussi facilement les caractères de tous les autres crimes. Quant à la vertu elle se justifiera également bien.

Ainsi les gouvernements ont une règle parfaitement sûre pour tout ce qui concerne le domaine terrestre; tandis qu'ils n'en ont aucune pour ce qui regarde le ciel.

Cauchy a tort de qualifier de bien l'acquiescement à ses croyances et de mal l'impossibilité de les partager. Il n'y a là ni bien, ni mal : il y a deux phénomènes, l'un de conviction et l'autre de non conviction.

Il a eu encore plus tort de vouloir que le gouvernement prêtât à ses croyances personnelles l'appui des baïonnettes.

On a accusé Cauchy de s'être laissé influencer par ses prédilections religieuses jusque dans les élections académiques.

Voici ce que dit un de ses amis à ce sujet :

« On a encore reproché à Cauchy de n'avoir pas été exempt de partialité dans les élections académiques, en faveur des candidats qui sympathisaient le mieux avec ses opinions politiques et religieuses. Il serait difficile aujourd'hui de juger ce qu'il peut y avoir de fondé dans cette imputation, mais on aperçoit tout de suite qu'elle se rattache à des appréciations de mérite personnel au sujet desquelles il peut y avoir, dans une assemblée savante, autant d'avis différents qu'il y a de nuances dans les couleurs; elle touche du reste à la liberté de la conscience, dans l'exercice de l'un de ses droits les plus intimes, et, par là même, échappe à toute discussion. »

On jugera peut-être qu'un pareil plaidoyer équivaut à peu près à un aveu. Il y aurait, du reste, bien des choses à dire au sujet de la prétendue liberté qu'auraient les académiciens de se décider d'après leurs préférences, sans tenir compte des conditions sous lesquelles leur a été concédée la magistrature qu'ils exercent.

M. Gauthier-Villars publie en ce moment les œuvres complètes de Cauchy, sous les auspices de l'Académie des Sciences.

DANIEL (JEAN-FRÉDÉRIC)

(Né à Londres en 1790, mort en 1845.)

Il fut nommé membre de la Société Royale de Londres en 1814 et fonda en 1816, avec Brande, le *Quarterly journal of science and art.*

Il fut nommé professeur de Chimie au King's College lors de sa création (1831) et examinateur pour la Chimie à l'Université de Londres.

Il est célèbre pour l'invention de son hygromètre à condensation, le premier qui ait été fondé sur un principe scientifique, et pour sa pile.

Ses principaux Ouvrages sont : *Essais météorologiques* (1828), le premier Ouvrage où les phénomènes météorologiques aient été expliqués scientifiquement; *Essai sur le climat artificiel* (1824), qui a opéré une révolution dans les méthodes d'horticulture; *Introduction à la philosophie chimique* (1839).

Plusieurs de ses Mémoires ont été couronnés par la Société Royale de Londres.

MŒBIUS (AUGUSTE-FERDINAND)

[Né à Schulpforte (Prusse) en 1790, mort à Leipzig en 1868.]

Il fut un des meilleurs élèves de Gauss, dont il a continué les travaux.

Une thèse qu'il soutint en 1815 à Leipzig, sous le titre : *De computandis occultationibus fixarum stellarum per planetas*, le fit nommer professeur adjoint d'Astronomie à la Faculté des Sciences de cette ville, et le gouvernement saxon le chargea de faire ériger, à Leipzig, un observatoire muni des meilleurs appareils.

Mœbius a été nommé, en 1844, professeur en titre d'Astronomie et de Mécanique supérieure, et membre de l'Académie des Sciences de Leipzig.

Outre des articles publiés dans les *Mémoires de l'Académie* de Leipzig et dans le *Journal de Crelle*, Mœbius a publié : *Observations faites à l'Observatoire de Leipzig* (1823); *Le Calcul barycentrique, nouveau moyen de traiter la Géométrie analytiquement* (1827); *Manuel statique* (1837); *Éléments de la Mécanique céleste* (1854); et *Principes d'Astronomie* (1853).

BABBAGE (CHARLES)

(Né en 1790, mort en 1871.)

Il occupa pendant onze ans la chaire de Mathématiques de l'Université de Cambridge, de 1829 à 1839. Le principal de ses ouvrages est un *Traité de l'économie des machines et des manufactures* qui a été traduit en français par M. Édouard Biot. Nous citerons parmi ses autres ouvrages : *Comparaison des diverses institutions d'assurances sur la vie; Revue de l'Exposition universelle de* 1851; *Sur les jeux de hasard; De l'application de l'Analyse à la recherche des théorèmes sur les lieux géométriques; Mesure des hauteurs par le baromètre; De l'application des machines à calculer*. Il avait lui-même inventé

une machine à calculer, dont il se servit pour l'établissement d'une table de logarithmes. Babbage était membre correspondant de l'Académie des Sciences de Paris.

BELLANGER (JEAN-BAPTISTE-CHARLES-JOSEPH).

[Né à Valenciennes en 1790, mort à Neuilly (Seine) en 1874.]

Ancien élève de l'École Polytechnique. Il en sortit dans le corps des Ponts et Chaussées où il rendit des services comme hydraulicien. Inspecteur des études à l'École des Arts et Manufactures, il a proposé et fait accepter un programme d'admission à cette École, remarquable à plus d'un titre et qui a suggéré d'utiles réformes dans l'enseignement, principalement par la substitution, lorsqu'il y avait lieu, du point de vue concret au point de vue abstrait, en arithmétique particulièrement.

Il a été successivement professeur de Mécanique à l'École des Ponts et Chaussées et à l'École Polytechnique.

Ses principaux Ouvrages sont : *Essai sur le mouvement des eaux courantes; Essai sur la solution numérique de quelques problèmes* (1821); *Géométrie analytique* (1841); *Cours de Mécanique* (1847); *Traité de la résistance et de la flexion plane des solides* (1858).

JACOBI (MORIN-HERMANN).

(Né à Potsdam vers 1790, mort à Saint-Pétersbourg en 1874.)

C'est à lui qu'on doit la découverte de la Galvanoplastie.

Il alla chercher fortune en Russie avec des lettres de recom-

mandation de M. de Humboldt et, après s'être fait connaître par des recherches de Physique, fut chargé, en 1830, d'établir un télégraphe électrique entre le palais d'hiver à Saint-Pétersbourg et la résidence du ministre dirigeant. Il remarqua peu de temps après (1832), lorsqu'il fut chargé d'établir un nouveau télégraphe, entre les deux palais d'hiver et d'été, que l'on peut fermer le courant par l'intermédiaire de la Terre et éviter ainsi l'emploi de deux fils.

Il fut nommé professeur à Dopat en 1834.

C'est en 1837 qu'il fit la découverte de la Galvanoplastie, en cherchant à reproduire en creux des médailles, au moyen d'un dépôt de cuivre abandonné par un liquide traversé par un courant galvanique. Spencer faisait en même temps la même découverte à Londres. L'empereur le nomma, pour cette invention, conseiller aulique, et l'Académie de Saint-Pétersbourg l'admit au nombre de ses membres.

Il a publié un grand nombre de Mémoires dans le recueil de cette Académie. Nous citerons entr'autres : *Application de l'électro-magnétisme; Sur les phénomènes d'induction de la pile voltaïque; Sur les lois des aimants électriques; Rapports circonstanciés sur les travaux d'application du galvanisme à la Galvanoplastie*, *à l'inflammation de la poudre à de grandes distances;* etc.

SAVART (FÉLIX).

(Né à Mézières en 1791, mort à Paris en 1841.)

Il portait un nom déjà connu dans les Sciences mathématiques et physiques; son père était un ingénieur distingué. Après avoir

été élève, puis sous-aide à l'hôpital militaire de Metz, Savart entra dans l'armée comme chirurgien élève, se fit recevoir en 1816 docteur en Médecine à la Faculté de Strasbourg et s'établit à Metz pour y pratiquer, mais il abandonna bientôt la Médecine pour s'occuper d'Acoustique.

Un *Mémoire sur les instruments à cordes* qu'il présenta à Biot, à Paris, en 1819, lui valut l'approbation de l'Académie des Sciences. Encouragé par ce début, il ne s'occupa plus que d'expériences sur les vibrations des corps solides, liquides et gazeux, le mécanisme de la voix et la constitution de l'organe de l'ouïe.

Il fut nommé en 1827 membre de l'Académie des Sciences, puis conservateur du cabinet de Physique du Collège de France. Il succéda à Ampère en 1838 dans la chaire de Physique.

Il a laissé un grand nombre de Mémoires publiés dans les Annales de Physique et de Chimie; nous citerons principalement : *Mémoire sur la communication des mouvements vibratoires entre les corps solides* (1820); *Recherches sur les vibrations de l'air* (1823); *Mémoire sur les vibrations des corps solides; Recherches sur les usages de la membrane du tympan et de l'oreille externe; Mémoire sur la voix humaine; Mémoire sur la voix des oiseaux; Recherches sur l'élasticité des corps qui cristallisent régulièrement; Recherches sur la structure des métaux; Recherches sur les lois de la torsion des verges et des lames rigides.*

Il imagina pour ses expériences un appareil qui porte le nom de roue de Savart et qui lui servait à compter le nombre de vibrations correspondant à un son donné. Cette roue, finement dentée et animée d'un mouvement rapide de rotation, faisait

vibrer une carte fixée dans un plan passant par son centre et dont la tranche était frappée à intervalles très courts par les dents. Un compteur à cadran, pourvu d'une aiguille dont le mouvement était lié à celui de la roue, fournissait le nombre de chocs ou de vibrations de la carte.

ENCKE (JEAN-FRANÇOIS).

(Né à Hambourg en 1791, mort à Spandau en 1865.)

Il fit ses études à l'Université de Gœttingue, servit en 1813 et 1814 dans la légion hanséatique, contre Napoléon, puis en 1815 dans l'armée prussienne qu'il quitta pour entrer à l'Observatoire de Seeberg près de Gotha.

Il fut nommé en 1825 directeur de l'Observatoire royal de Berlin, emploi qu'il a toujours conservé depuis.

Encke a publié sur l'Astronomie un grand nombre de Mémoires dont les plus importants ont paru en 1831 et 1832 dans les *Astronomische Nachrichten*, et se rapportent à la comète découverte par Pons en 1818, qui porte aujourd'hui le nom de comète de Encke.

Encke a prouvé l'identité de cette comète avec celle qui avait été observée par Méchain en 1786 et par Herschel en 1795. Il en a prédit les retours pour 1822, 1825, 1828, retours qui eurent effectivement lieu, et il en a déterminé l'orbite. La distance aphélie était quatre fois celle de la Terre et la distance périhélie huit fois moindre.

Il constata de plus le fait important de l'accroissement de

vitesse de la comète à chacun de ses retours et en donna une explication qui n'est pas universellement acceptée.

En cherchant à évaluer les perturbations produites sur sa comète par Jupiter et par Mercure, il en vint à supposer que la masse de Mercure avait été exagérée. Il annonça en 1838 qu'elle était près de trois fois moindre qu'on ne l'avait supposé jusqu'alors.

Encke a, depuis, perfectionné la théorie de la planète Vesta et publié une nouvelle méthode pour le calcul des perturbations des planètes; ce dernier Ouvrage a été traduit en français par M. Terquem.

Encke a publié régulièrement un *Annuaire astronomique* depuis 1830 et les *Observations astronomiques faites à l'Observatoire royal de Berlin*, depuis 1840.

On a encore de lui : *De formulis dioptricis; Rapport de l'Astronomie avec les autres Sciences* (1846); *Sur la déclinaison magnétique à Berlin* (1857); *Sur la détermination des longitudes géographiques* (1858), ces deux derniers Traités dans les *Mémoires de l'Académie de Berlin.*

FARADAY (MICHAEL).

(Né à Newington-Buth près de Londres en 1791, mort à Hampton-Court en 1867.)

Fils d'un pauvre forgeron, il a tout dû à son courage, à sa persévérance et à son génie. Dès l'âge de treize ans, n'ayant encore reçu que l'instruction la plus élémentaire, il fut placé comme apprenti chez un relieur de Blandfort-street. Les *Conversations sur la Chimie,* petit traité populaire dû à la femme d'un habile

médecin et chimiste, M. Marut, lui ouvrirent la route de la Science. Faraday attribua toujours son goût pour la Chimie et la Physique au soin qu'il avait pris de constater par des expériences, telles qu'il pouvait les faire alors, les assertions du livre de celle qu'il nommait sa première institutrice.

Après huit ans passés à peu près dans la même situation, Faraday eut le bonheur d'être admis, sur la recommandation d'un des membres de l'Institution Royale, à suivre les leçons que Davy donnait en cet établissement; il envoya ses rédactions à Davy en le priant de l'aider à sortir de sa position. Davy le fit aussitôt nommer aide préparateur (1813), et, admis par faveur spéciale de l'empereur à parcourir la France et l'Italie, il emmena avec lui son aide de laboratoire. Faraday se fit dans ce voyage des amis dévoués à Paris, à Genève et à Montpellier. Il venait de faire faire un grand pas à la Physique en liquéfiant l'acide carbonique et le protoxyde d'azote; il a fait subir depuis, la même transformation au chlore et à un grand nombre d'autres gaz.

Les belles recherches de Faraday sur l'Électricité et le Magnétisme datent de 1821. C'est à cette époque que, renversant l'expérience d'Œrsted, il constata l'action exercée par un aimant fixe sur un courant mobile et entreprit dès lors, concurremment avec Ampère, les beaux travaux qui ont constitué la théorie de l'électro-magnétisme.

La théorie de la pile de Volta et de ses dérivées était encore remplie d'obscurités; l'hypothèse du premier inventeur sur les effets électro-dynamiques du contact entre les métaux hétérogènes et la théorie plus scientifique des excitations électriques dues aux réactions chimiques, avaient encore à cette époque des partisans à peu près aussi nombreux et aussi considérables. Fara-

day trancha le différend par une découverte capitale, qui aura vraisemblablement les conséquences les plus étendues, en permettant de soumettre l'électricité à des mesures précises. Armé d'un voltamètre de son invention, au lieu de s'abandonner aux idées métaphysiques, il se posa ce problème : mesurer la quantité d'électricité qui a servi à opérer une décomposition chimique donnée, et comparer entre elles les quantités d'électricité dépensées dans diverses décompositions successives. Ses recherches furent couronnées du plus heureux succès; elles le conduisirent à la découverte d'une loi, qui prendra plus tard le nom de *principe de Faraday*, comme on a dit principe d'Archimède, principe de Galilée et principe de d'Alembert. Cette belle loi consiste en ce que c'est toujours la même quantité d'électricité qui se consomme dans la décomposition des équivalents chimiques des différents corps. Les équivalents chimiques correspondent à des équivalents électriques, ou, si l'on veut adopter le langage fondé sur la théorie atomique, toutes les molécules de même ordre ont besoin, quels que soient leur nature, leur forme, leur poids et leurs qualités spécifiques, qu'on emploie la même force pour les unir chimiquement deux à deux ou pour les désunir. La quantité d'électricité mise en mouvement par une molécule de zinc brûlée dans la pile est égale à celle qu'exigerait la division en ses éléments de toute molécule d'un composé binaire.

Arago venait de découvrir le magnétisme de rotation. Cette belle découverte frappa beaucoup Faraday; elle conduisit peu après, en 1832, à la découverte des phénomènes d'induction produits dans un circuit métallique par un courant, par un aimant ou par la Terre. « Pour comprendre, dit M. Dumas, toute l'importance pratique de la découverte de Faraday, considérée

comme source d'une nouvelle manifestation des phénomènes électriques, il suffit de rappeler que c'est elle qui a donné naissance aux machines de Pixii, de Clarke et de Ruhmkorff, dont les étincelles sont capables de percer des masses de verre de $0^{m},10$ d'épaisseur. »

Faraday émit alors une théorie nouvelle de l'électrisation par influence, qui paraît mieux que l'ancienne s'accorder avec les faits. Il rejette complètement l'idée de l'action à distance du corps influençant sur le corps influencé, et suppose que la transmission se fait par l'intermédiaire de l'air ou même de l'éther.

Les deux dernières découvertes de Faraday sont celle de l'action exercée par l'aimant sur la lumière polarisée, et celle du diamagnétisme. Elles datent de 1845.

« Si l'on fait passer, écrivait-il à l'Académie des Sciences, un rayon lumineux polarisé à travers une substance transparente, et que celle-ci soit placée dans le champ magnétique, la ligne de force magnétique étant disposée parallèlement au rayon lumineux, celui-ci éprouvera une rotation. Si l'on renverse le sens du courant magnétique, le sens de la rotation du rayon lumineux sera également renversé. »

Cette découverte, si considérable, devait conduire Faraday à mettre en évidence l'une des propriétés les plus générales de la matière. On savait déjà que le bismuth éprouve, de la part de l'aimant, un effet contraire à celui qu'éprouve le fer. Faraday fit voir que les deux manières d'agir de l'aimant sont des cas particuliers d'une loi générale. Le fer, le nickel, le cobalt, le manganèse et le platine sont attirés par l'aimant, d'autres sont repoussés, et, s'ils étaient assez sensibles à cette répulsion, on pourrait en construire des boussoles qui se dirigeraient de l'est à l'ouest. Les

gaz mêmes sont impressionnés par l'aimant; l'oxygène est attiré, l'hydrogène et l'eau sont repoussés; il en est de même des tissus végétaux et animaux. Faraday admet que des pôles d'un aimant part un faisceau de rayons magnétiques que les corps attirés rendraient convergents, et dont les autres tendraient à augmenter la divergence.

« Faraday, dit M. Dumas, était de taille moyenne, vif, gai, l'œil alerte, le mouvement prompt et sûr, d'une adresse incomparable dans l'art d'expérimenter. Exact, précis, tout à ses devoirs, lorsqu'il préparait dans sa jeunesse les leçons de Davy, on admirait avec quelle précision chaque expérience répondait à la pensée, à la parole du maître. Il vivait dans son laboratoire, au milieu de ses instruments de recherche. Il s'y rendait le matin et en sortait le soir, aussi exact qu'un négociant qui passe la journée dans ses bureaux. La simplicité de son cœur, sa candeur, son amour ardent de la vérité, sa franche sympathie pour tous les succès, son admiration naïve pour les découvertes d'autrui, sa modestie naturelle dès qu'il s'agissait des siennes, tout cet ensemble donnait à sa physionomie un charme incomparable. »

Sir Robert Peel avait songé à lui offrir une pension; lord Melbourne, voulant réaliser ce projet, alla le voir. Faraday hésitait; un geste d'impatience échappé à l'illustre visiteur trancha la question pour Faraday : il refusa. Le ministre se retira; mais, mieux informé de ce que peut être la dignité d'un savant, il chargea un intermédiaire de prier l'illustre physicien de revenir sur sa détermination. « Et comment le pourrais-je? répondit Faraday, il faudrait que le ministre m'écrivît une lettre d'excuses. Ai-je le droit ou même la pensée d'exiger de lui rien de pareil? » Mais les excuses arrivèrent. Faraday accepta, en 1836, une pen-

sion annuelle de 300 livres sterling, et la reine lui donna, en 1838, une résidence à Hampton-Court.

Davy, lorsqu'il put l'apprécier complètement, avait pris ombrage de ses succès, et il a à se reprocher envers lui une petite injustice de savant. Faraday n'en conserva jamais le moindre souvenir. On a de lui une biographie de son ancien maître, où ne respirent que les sentiments de la plus vive reconnaissance.

Faraday appartenait par ses ancêtres aux trois races irlandaise, écossaise et anglaise; il faisait partie de la secte des glassites ou des sandermaniens, qui croient que la mort du Christ suffit au salut et à l'expiation. Ils élisent eux-mêmes leurs prédicateurs; Faraday le fut pendant longtemps.

Ses nombreux écrits ont successivement paru, depuis 1831, dans les *Transactions philosophiques*, sous le titre de : *Recherches expérimentales sur l'électricité;* ils ont été réunis depuis et forment 3 volumes in-4° (Londres, 1839, 1844 et 1855).

Sa biographie a été publiée en anglais, par M. J. Tyndall, son ami et son émule, sous ce titre : *Faraday, inventeur.*

CORIOLIS (GASPARD-GUSTAVE DE).

(Né à Paris en 1792, mort en 1843.)

Il entra en 1808 à l'École Polytechnique, d'où il passa à l'École des Ponts et Chaussées; mais il quitta bientôt la carrière d'ingénieur pour devenir répétiteur d'Analyse et de Mécanique à l'École Polytechnique, où, en 1838, il succéda à Dulong dans la haute fonction de directeur des études. Il avait été, deux ans aupara-

vant, appelé à faire partie de l'Académie des Sciences. Ses principaux Ouvrages sont : *Calcul de l'effet des machines* (Paris, 1829, in-4°), réimprimé sous le titre de : *Traité de la Mécanique des corps solides, etc.* (1844); *Théorie mathématique des effets du jeu de billard* (1835, in-8°). Il a publié de nombreux articles dans le *Dictionnaire de l'industrie.*

Coriolis n'a pas pu rendre à la Science tous les services que ses belles facultés intellectuelles eussent pu faire espérer; sa santé incroyablement délicate l'obligeait, en effet, de résoudre avant tout, chaque jour, le problème toujours nouveau de continuer à vivre; on lui doit cependant de belles découvertes dans les deux domaines de la théorie et de la pratique. L'étude d'un mouvement composé de deux autres n'avait été poussée avant lui que jusqu'à la détermination de la vitesse du mouvement résultant. Il fit voir que l'accélération totale de ce mouvement à un instant quelconque est la résultante de l'accélération à cet instant du mouvement relatif du point matériel, de celle du mouvement d'entraînement du point géométrique où se trouve alors le mobile, et d'une troisième accélération complémentaire, représentée par le double du produit de la vitesse angulaire du mouvement du système des repères, autour de son axe instantané de rotation et de glissement, par la projection de la vitesse relative sur un plan perpendiculaire à cet axe. En renversant cet énoncé, on en conclut immédiatement que l'accélération du mouvement relatif est la résultante de l'accélération du mouvement absolu, de l'accélération du mouvement d'entraînement, prise en sens contraire, et de l'accélération complémentaire, prise aussi en sens contraire, et qui, sous cette direction, reçoit le nom d'*accélération centrifuge composée.*

Jusque-là on ne pouvait généralement pas traiter les questions de mouvements relatifs, par la raison très simple que la force donnée ne faisait connaître que l'accélération du mouvement absolu, dont on ne savait que faire. Le théorème de Coriolis, en résolvant complètement la difficulté, a fourni les moyens, par exemple, de ramener à des questions de mouvements absolus toutes celles, si importantes, qui se rapportent aux mouvements observés à la surface de la Terre. C'est ainsi notamment qu'on a pu expliquer la déviation vers l'Est des graves abandonnés à eux-mêmes, la rotation du plan d'oscillation d'un pendule, l'action séculaire exercée par les cours d'eau sur leur rive orientale, dans notre hémisphère, etc.

Coriolis a été, avec le général Poncelet, un des premiers promoteurs de la réforme qui s'est produite dans l'enseignement de la Mécanique rationnelle, dirigé maintenant de manière à pouvoir conduire à une bonne théorie des machines industrielles. Sa théorie des effets du jeu de billard est l'une des plus heureuses applications que l'on ait faites des théories abstraites de la Mécanique à l'étude des phénomènes de mouvement, compliqués de toutes les circonstances accessoires qui se rencontrent nécessairement dans toutes les questions de pratique.

PECQUEUR (ONÉSIPHORE).

(Né dans le Pas-de-Calais en 1792, mort à Paris en 1852.)

Fils d'un paysan, il s'occupa d'abord d'agriculture, puis entra à vingt ans comme apprenti chez un horloger de Paris. Il construisit

une horloge marquant le temps moyen, qui obtint une médaille d'or à l'exposition universelle de 1823. Il devint, en 1824, chef d'atelier du Conservatoire des Arts et Métiers.

Il fonda à Paris, en 1844, une raffinerie de sucre indigène, où il introduisit toutes sortes de procédés de son invention et qui devint très florissante.

On lui doit un dynamomètre, une machine à vapeur à rotation directe, le chemin de fer atmosphérique, un mécanisme pour exécuter d'un mouvement continu les filets de pêche, etc.

DESPRETZ (CHARLES MANSUÈTE).

[Né à Lessines (Hainaut) en 1792, mort en 1853.]

Il vint jeune encore à Paris pour y étudier la Physique et la Chimie, fut nommé répétiteur à l'École Polytechnique, puis professeur de Physique à Henri IV et à la Sorbonne (1837). L'Académie des Sciences l'élut en 1841, pour remplacer Savart.

Despretz est le premier physicien qui ait mis hors de doute les inégalités de la loi de Mariotte.

Des expériences délicates sur la dilatation des liquides par la chaleur, lui ont fait reconnaître que le phénomène, jusque-là singulier, que présente l'eau lorsqu'elle approche de quatre degrés centigrades, loin de constituer une bizarre exception, rentre au contraire, dans une loi générale de la nature.

Lorsque Fourier fit paraître sa théorie mathématique de la chaleur, Despretz s'attacha à en vérifier les résultats et à obtenir les valeurs des constantes qui entrent dans les calculs, principalement les coefficients de conductibilité.

Outre des Mémoires sur l'action de la pile, sur la conductibilité des corps solides et liquides, sur la chaleur latente des diverses vapeurs, il a laissé : *Recherches expérimentales sur les causes de la chaleur animale* (1824); *Traité élémentaire de Physique*, qui a eu de nombreuses éditions; *Éléments de Chimie théorique et pratique*.

SIR HERSCHEL, FILS DE GUILLAUME HERSCHEL (JOHN-FRÉDÉRIC-WILLIAM).

(Né à Slough près Windsor en 1792, mort en 1871.)

Tant que vécut son père, il s'occupa principalement de Mathémétiques, de Chimie et de Physiologie. Il publia, en 1813, un Ouvrage intitulé : *Applications du Calcul différentiel*. Six ans plus tard, il fit paraître, dans le *Journal philosophique d'Édimbourg* ses intéressantes *Recherches sur l'acide hyposulfureux et les sels qui en dérivent*, et, l'année suivante, un Mémoire sur la *Théorie des séries*. Son premier Mémoire sur l'Optique parut peu de temps après.

Il commença, en 1821, avec sir James South, une série d'observations sur les distances et les positions de 380 étoiles doubles et triples, au moyen de deux télescopes achromatiques de 5 et de 7 pieds de foyer. Ces observations furent continuées durant les années 1822 et 1823, et publiées dans la troisième partie des *Transactions philosophiques* de 1824.

Il écrivit, en 1824, pour l'*Encyclopédie métropolitaine*, un Traité d'Optique qui a été traduit en français par M. Quételet.

L'Astronomie l'attirait plus que toute autre Science, et, après

avoir fait construire des télescopes d'une très grande puissance, il abandonna momentanément ses autres études pour s'adonner tout entier à celle de l'Astronomie sidérale.

Il commença, en 1825, l'examen des nébuleuses et des groupes d'étoiles qui avaient été découverts par son père. Ce travail fut terminé à la fin de 1832, et les résultats en furent consignés dans les *Transactions philosophiques* de cette année. Le Catalogue qu'il publia alors contient 2306 nébuleuses, dont 525 avaient été découvertes par lui. En même temps, il découvrait près de 4000 étoiles doubles, qui sont décrites dans les *Mémoires de la Société d'Astronomie.*

Il se disposa alors à aller faire des observations analogues dans l'hémisphère austral; il quitta l'Angleterre avec sa famille, le 18 novembre 1833, et arriva au Cap de Bonne-Espérance le 16 janvier 1834. Il s'établit à Feldhausen et commença une longue série d'observations qu'il continua durant quatre années, et dont les résultats ont été publiés sous le titre : *Résultats d'observations astronomiques faites, de* 1834 *à* 1838, *au Cap de Bonne-Espérance.*

A son retour en Europe, en 1838, il fut accueilli comme il méritait de l'être. La Société Astronomique lui avait, en son absence, décerné la grande médaille d'or. Il avait déjà reçu, de Guillaume IV, l'ordre du Hanovre, et avait été élevé à la dignité de baronnet, en 1837. Il fut nommé président de l'Association Britannique en 1845 ; président de la Société Royale Astronomique en 1848; et, deux ans après, président de la Société Royale de Londres. Membre correspondant de l'Institut de France, il fut élu, en 1855, en remplacement de Gauss, un des huit associés étrangers de l'Académie des Sciences. Il reçut deux fois la mé-

daille de Copley, la première fois, en 1821, pour ses Mémoires de Physique et de Mathématiques, et la seconde, en 1847, pour ses observations au Cap. Il avait déjà reçu la médaille royale, en 1833, pour ses *Recherches sur l'orbite des étoiles doubles*, et un rappel de cette médaille, en 1840, pour un rapport intitulé : *Action chimique des rayons du spectre solaire et quelques autres choses*. Un supplément à ces Mémoires a été publié, en 1843, sous le titre : *Action des rayons du spectre solaire sur les couleurs végétales, et nouveaux procédés photographiques*. Outre les Ouvrages mentionnés ci-dessus, sir John Herschel a publié, en 1830, un *Traité sur le son*, dans l'*Encyclopédie métropolitaine*. En 1831, il collabora à l'*Encyclopédie Lardner*, dans laquelle se trouve son *Discours préliminaire sur l'étude de la Philosophie naturelle*, qui a été traduit en français (Paris, 1835). Citons encore de Herschel un *Abrégé d'Astronomie* (Londres, 1849); un *Manuel scientifique pour l'usage des navigateurs* (Londres, 1849). Il s'était retiré dans un manoir du comté de Kent, où il mourut. Il a reçu les honneurs des funérailles nationales, ses restes sont déposés à Westminster.

THIMONIER (BARTHÉLEMY).

[Né à l'Arbresle (Rhône) en 1793, mort à Amplepuis en 1857.]

L'un des inventeurs de la machine à coudre.

Tout enfant, il vint habiter Amplepuis, où il se maria en 1813. Ce fut là qu'il eut l'idée de construire une machine à coudre, au moyen de laquelle il réussit, en 1830, à produire le point de chaînette, ou pour mieux dire, une imitation de ce point. Thimonier

résolut de la faire voir à Paris pour en tirer parti. Comme il n'avait pas l'argent nécessaire pour faire le voyage, il partit à pied d'Amplepuis, emportant sur son dos sa précieuse machine et se dirigea à petites étapes sur Paris. Dans chaque endroit où il s'arrêtait, il exhibait son invention, puis faisait une quête qui lui permit de manger. Lorsque la générosité des spectateurs n'était pas suffisamment excitée par l'ingénieuse machine, Thimonier montait un petit théâtre de marionnettes qu'il avait fabriqué et parvenait ainsi à payer son frugal repas. Arrivé à Paris, il éprouva les déceptions les plus cruelles. Non seulement on ne s'intéressa pas à son invention, mais des ouvriers tailleurs, lui reprochant de chercher à anéantir leur industrie, le menacèrent de lui faire un mauvais parti. Thimonier revint à Amplepuis aussi pauvre qu'il en était parti. Ce ne fut que lors de l'exposition de Londres, en 1851, qu'il retira de son invention une rémunération à peine suffisante, du reste, aux charges d'une nombreuse famille. Les perfectionnements considérables apportés depuis quelques années aux machines à coudre, ont fait complètement oublier celle de l'ingénieux Thimonier.

CHASLES (MICHEL).

(Né à Epernon en 1793, mort à Paris en 1880.)

Il entra à l'École Polytechnique en 1812 et en sortit l'un des premiers en 1814. Il renonça aux services publics pour les affaires, et plus tard aux affaires pour les Sciences, qu'au reste il n'avait jamais perdues de vue. C'était un travailleur infatigable; on va

en juger : de 1814 à 1816, il publie, dans la *Correspondance sur l'École Polytechnique*, une série d'articles où il s'occupe, entre autres choses, de la tranformation du cercle et de la sphère en ellipse et en ellipsoïde, par la réduction, dans un rapport constant, de leurs ordonnées comptées à partir d'un diamètre ou d'un plan diamétral. Il arrive, par cette méthode, à étendre les résultats antérieurement acquis, sur l'enveloppe de la sphère tangente à trois autres, au cas où il s'agirait d'ellipsoïdes semblables et semblablement placés. M. Dupin avait déjà employé les mêmes considérations. En 1828 et 1829, il publie, dans les *Annales de Gergonne*, sur les *Sections coniques confocales*, et les *Perspectives ou projections stéréographiques*, des Mémoires étendus, où il fait d'heureuses applications des théories des *polaires réciproques* et des *centres d'homologie,* dues au général Poncelet. La même année 1829 et l'année suivante, il collabore à la *Correspondance mathématique et physique de Bruxelles*, où il donne de nouvelles démonstrations de théorèmes dus à Sturm, une analyse d'un Mémoire sur les *Principes des transformations polaires des coniques*, *des cônes*, etc. ; un Mémoire sur la *Transformation des relations métriques des figures.* En 1837 paraît, sous les auspices de l'Académie de Bruxelles, son *Aperçu historique sur l'origine et le développement des méthodes en Géométrie*, suivi de deux Mémoires sur la *dualité* et l'*homographie*, qui reproduisent en partie les idées du général Poncelet, sous des noms différents et avec d'importants corollaires.

A partir de cette époque, les travaux de M. Chasles prennent de l'originalité. Le *Journal de l'École Polytechnique* publie successivement de lui des Mémoires importants concernant : l'*Attraction exercée sur un point extérieur par un ellipsoïde*

homogène (1840); *Sur les courbes et les surfaces de second degré; Sur les contacts des courbes et des surfaces; Sur les lignes géodésiques et les lignes de courbure des surfaces du second ordre*. En 1852 paraît la *Géométrie supérieure;* en 1854 et 1855, un Mémoire *Sur la construction d'une courbe du troisième degré déterminée par neuf points;* en 1857, dans le journal de M. Liouville, un travail *Sur la détermination des courbes gauches du troisième ordre;* en 1862, un Mémoire, inséré aussi dans le journal de M. Liouville, *Sur les courbes à double courbure du quatrième ordre, intersections de deux surfaces du second degré;* en 1863, une restitution des *Porismes d'Euclide;* en 1865, le premier volume du *Traité des sections coniques;* enfin, la même année, une *Méthode pour obtenir le nombre des coniques qui satisfont à cinq conditions données*, méthode dont les premiers principes sont dus à M. de Jonquières.

Il a fait depuis insérer dans les Comptes rendus de l'Académie des Sciences un nombre énorme de Mémoires contenant des applications d'un *principe de correspondance* qui lui sert à trouver le nombre de solutions d'un problème donné, rentrant dans une certaine catégorie.

Enfin il a écrit, sur l'invitation du Ministre de l'instruction publique, à l'occasion de l'Exposition universelle de 1867, un rapport très étendu sur les progrès de la Géométrie en France.

M. Chasles était de l'Académie de Bruxelles depuis 1830; il a été élu membre correspondant de l'Académie des Sciences de Paris en 1839; décoré la même année; nommé professeur de Géodésie et de Mécanique appliquée à l'École Polytechnique en 1841; chargé, en 1846, à la Faculté des Sciences de Paris, d'un cours de Géométrie supérieure créé exprès pour lui; appelé comme titu-

laire à l'Académie des Sciences en 1851, et promu officier de la Légion d'honneur en 1860. La médaille de Copley lui a été décernée en 1865 par la Société Royale de Londres, pour sa restitution des *Porismes d'Euclide.*

Le général Sabine, président de la Société Royale de Londres, a motivé le choix de cette Société par un compte rendu plein d'éloges des travaux de l'illustre lauréat.

M. Chasles, comme on voit, fut un géomètre heureux. Il ne m'appartient pas de porter sur lui un jugement qui pourrait paraître partial, à cause des mauvais services qu'il m'a toujours gratuitement rendus, tant que sa volonté fut active : la postérité le classera à son véritable rang. Nous nous bornerons à faire observer, d'une part, que ses titres, dans les recherches communes, sont incontestablement primés, soit pour l'antériorité des découvertes, soit pour leur importance, par ceux du général Poncelet; et, de l'autre, que si, de l'immense labeur qu'il a accompli, il est résulté, comme il est juste de le proclamer, l'acquisition pour la Géométrie d'une foule de théorèmes nouveaux, il n'en est sorti toutefois aucun principe fécondant; peut-être même devrait-on dire que l'influence de M. Chasles a été fâcheuse sous le rapport philosophique : la restauration du *principe des relations contingentes*, de Carnot, opposé au *principe de continuité* du général Poncelet, constitue en effet une véritable rétrogradation. Le progrès devait consister, après le général Poncelet, à réaliser systématiquement les imaginaires, et non pas à essayer de repasser le détroit qui venait d'être si heureusement franchi par leur première apparition en Géométrie.

M. Chasles a un peu compromis sa réputation d'homme d'esprit et d'homme judicieux par la publication de soi-disant autographes

auxquels un enfant n'aurait pas accordé la plus petite créance, et qui lui avaient coûté une centaine de mille francs.

DANDELIN (GERMINAL-PIERRE).

(Né au Bourget en 1794, mort à Bruxelles en 1847.)

Il alla, au sortir de l'École Polytechnique, se fixer en Belgique, où il professa successivement à l'École des Mines de Liège et à l'Athénée de Namur. Il devint bientôt membre de l'Académie des Sciences et Belles-Lettres de Bruxelles.

Outre des Mémoires insérés dans le recueil de cette Académie, il a publié : le *Guide du Mineur* (1827) et *Leçons sur la Mécanique et les Machines* (1827).

Ses intéressantes recherches sur les projections stéréographiques des courbes tracées sur la surface de la sphère, l'ont conduit entr'autres à la découverte de ce beau théorème : le lieu des projections d'un point fixe sur toutes les tangentes à une conique est la projection stéréographique d'une courbe déterminée sur la sphère par son intersection avec un cône du second degré.

La démonstration géométrique des propriétés des sections coniques, relatives à leurs foyers et à leurs directrices, qui est attribuée à Dandelin, appartient en réalité à Quételet. Dandelin l'étendit aux cônes obliques.

MITSCHERLICH.

[Né à Nenenda (Oldenbourg) en 1794, mort en 1863.]

Après diverses tentatives littéraires, il commença en 1818 à s'occuper de Chimie et tomba presque aussitôt sur la *loi d'isomorphisme*. Berzélius saisit l'importance de cette loi et emmena le jeune savant à Stockholm, où il passa deux ans. A son retour à Berlin, il fut nommé membre de l'Académie des Sciences de cette ville et associé de l'Institut de France. Sa belle découverte lui avait valu la grande médaille de l'Académie des Sciences de Londres.

FLOURENS (PIERRE-JEAN-MARIE).

(Né à Maureilhan, près de Béziers, en 1794, mort à Montgeron, près de Paris, en 1867.

Il passa ses premières années au château de la Trésorière, où était né cent ans auparavant de Mairan, qui succéda à Fontenelle comme secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences.

Ses parents ne savaient où l'envoyer faire ses études lorsqu'un ancien oratorien qui, après avoir émigré, venait de rentrer en France et avait accepté un poste de desservant à Paygnerolles, dans les Cévennes, offrit de se charger de son éducation. Flourens fut confié à ce prêtre, qui le ramena à Montpellier, à l'âge de quinze ans, en état de passer ses premiers examens devant la Faculté de cette ville, où le jeune étudiant passa quatre années à suivre les cours de l'École de Médecine et se fit recevoir docteur, en 1813, à dix-neuf ans.

Flourens partit alors pour Paris, avec une recommandation

de de Candolle pour Cuvier; celui-ci le reçut avec la plus grande bienveillance, s'attacha bientôt à lui, et ne cessa, depuis, de le protéger, jusqu'à ce qu'il lui eût, avant de mourir, assuré sa survivance comme secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences.

Flourens commença par se créer quelques ressources en même temps que des recommandations, en collaborant à la *Revue encyclopédique* et au *Dictionnaire classique d'histoire naturelle*. Il fut admis en 1822 à faire à l'Athénée, sur la *Théorie des sensations*, un cours public que suivaient un certain nombre de savants.

Il commença bientôt après, à publier dans des Mémoires séparés les résultats de ses études et de ses expériences sur le système nerveux. Ces Ouvrages sont : *Recherches physiques sur l'irritabilité et la sensibilité* (1822); *Note sur l'effet croisé dans le système nerveux* (1823); et *Recherches expérimentales sur les propriétés et les fonctions du système nerveux dans les animaux vertébrés* (1824). Voici ce que dit Cuvier dans le rapport qu'il eut à faire à l'Académie des Sciences sur ce dernier Mémoire :

« Avoir imaginé les expériences qui servent de base à ce travail est un fait de génie qui, à lui seul, mériterait notre admiration. En effet, jamais les masses nerveuses qui constituent l'encéphale n'avaient été étudiées dans la vue profonde de reconnaître à chacune d'elles une fonction qui lui fût propre; jamais elles n'avaient été isolées les unes des autres. Les anciens n'avaient observé que le cerveau mort, dont les masses étaient impassibles. Le grand Haller avait bien tenté des expériences, mais il s'était plongé en aveugle dans le cerveau, c'est-à-dire dans l'organe le plus délicat. Comment aurait-il pu obtenir mieux que ses devan-

ciers? Chose incroyable à cette époque! après Haller, après Bichat, on en était encore à considérer le cerveau comme la racine des nerfs. »

M. Vulpian, de son côté, résume ainsi, dans son éloge de l'ancien secrétaire perpétuel, les faits constatés par Flourens :

« C'est donc bien le cerveau proprement dit, et uniquement ce centre nerveux, qui est le siège des perceptions vraies, des instincts, de l'idéation, de la mémoire, de l'imagination, de la volonté, de l'attention, etc., en un mot, de toutes les facultés instinctives et naturelles; il est la demeure des facultés affectives. C'est par le cerveau proprement dit, par le cerveau seul, que nous pensons, que nous jugeons, que nous délibérons, que nous nous décidons dans tel ou tel sens. C'est dans le cerveau que naissent tous nos sentiments, toutes nos passions. C'est lui qui provoque toutes leurs manifestations; c'est de lui que jaillissent les inspirations littéraires, artistiques; c'est lui qui est l'instrument producteur de toutes les découvertes, de toutes les inventions. C'est l'organe, le siège du génie. »

On trouvera peut-être trop large l'ampleur de ces éloges, car c'est bien certainement avant 1823 que Jupiter s'ouvrit le crâne pour en expulser la Sagesse, dont les rabâchages le mettaient hors de lui chaque fois qu'il méditait une expédition sublunaire. — Il y a longtemps que les poëtes et les savants se frappent le front ou s'arrachent les cheveux, à la recherche d'une rime ou d'une idée. — Il y a autant de temps que l'on sait que c'est par le cerveau que l'on pense.

Magendie avait, du reste, mené à bien, avant Flourens, d'importantes expériences sur le fonctionnement du système nerveux, et avait distingué les uns des autres les nerfs moteurs et sensitifs.

Ce qui appartient, en réalité, à Flourens, est d'avoir localisé en partie, dans le cerveau, les centres ayant des fonctions propres et séparées. Il en distinguait quatre et démontrait que le cervelet, dont les propriétés étaient inconnues avant lui, forme le siège des forces qui coordonnent et règlent le mouvement.

C'est, au reste, au sujet de cette localisation que Flourens eut, avec Gall, une longue controverse que M. Vulpian résume en ces mots :

« Gall professait, comme on le sait, que le cerveau est constitué par la réunion de plusieurs organes cérébraux, de plusieurs petits cerveaux, doués chacun d'une faculté particulière. Il admet vingt-sept facultés, mais on ne voit pas pourquoi il s'arrête au nombre de vingt-sept. S'il a des raisons pour cela, elles n'ont pas paru péremptoires, même à son collaborateur Spurzheim, puisque celui-ci veut qu'il y en ait trente-cinq. Gall place les organes cérébraux dans la partie superficielle du cerveau, et de là à supposer qu'ils peuvent déformer le crâne dans un sens ou dans un autre, suivant qu'ils sont plus ou moins développés, plus ou moins volumineux, plus ou moins saillants, il n'y a qu'un pas... avec un peu de bonne volonté. Ce pas, il n'hésite pas à le franchir, et voilà la *cranioscopie* créée.

» Mais je n'insiste pas sur cette application de la phrénologie. Flourens en montre toute l'inanité. Quant à la doctrine elle-même, il lui oppose les résultats de ses expériences. Il est vrai qu'il s'agit d'expériences faites sur des animaux ; mais il n'y a pas là matière à objection. Pour Gall et pour son école, les animaux ont aussi leurs petits organes cérébraux situés dans la partie superficielle du cerveau, et l'un des adeptes les plus fervents de la cranioscopie n'hésitait pas à admettre vingt-neuf de ces organes

chez l'oie. Il avait même écrit les noms des facultés dévolues à chacun de ces organes sur le crâne d'un oiseau de ce genre et, parmi ces noms, je trouve l'instinct de la propriété, la circonspection (comprenant sans doute la vigilance qui sauva le Capitole) ; j'y trouve encore le sens géométrique, le sens du temps, celui de l'étendue, celui du langage et même le talent musical.

» Flourens avait invité Gall à voir ses expériences, espérant qu'il l'amènerait ainsi à abjurer la phrénologie; mais Gall s'y refusa « parce que, dit Flourens, décidé à écrire contre ces ex-
» périences quelles qu'elles fussent, il lui était infiniment plus
» commode de ne pas les avoir vues. »

Cuvier confia, en 1828, à Flourens, la suppléance de sa chaire au Collège de France et l'aida, la même année, à entrer à l'Académie des Sciences; il le choisit, en 1830, pour le suppléer dans sa chaire d'Anatomie humaine au Jardin des Plantes; enfin, il le fit accepter par ses collègues, avant de mourir, pour lui succéder comme secrétaire perpétuel à l'Académie des Sciences. Flourens fut, en effet, nommé à ces fonctions en 1833 ; il avait déjà été nommé titulaire de la chaire d'Anatomie au Jardin des Plantes, en 1832, mais il l'échangea la même année contre celle de Physiologie comparée, qu'on créa exprès pour lui ; il fut nommé, en 1835, professeur au Collège de France, où il fut chargé de la chaire d'Histoire naturelle. Il était chevalier de la Légion d'honneur depuis 1832, il fut promu au grade d'officier en 1837.

Le collège électoral de Béziers l'envoya à la Chambre en 1838, à la place de Viennet, candidat ministériel. Flourens se joignit à la gauche, mais il ne prit part qu'aux discussions scientifiques. Il fut nommé contre Victor Hugo à l'Académie française, en

1840, commandeur de la Légion d'honneur, en 1845, et pair de France l'année suivante.

Il avait publié, durant cette période, une nouvelle édition de ses *Recherches expérimentales sur les propriétés du cerveau* (1843); des *Recherches sur le développement des os et des dents* (1842); une *Anatomie générale de la peau et des membranes muqueuses* (1843), où il croyait établir l'unité physique du type humain; enfin une théorie expérimentale de la formation des os (1847).

La Révolution de 1848 lui enleva la pairie, mais l'Académie des Sciences se fit représenter par lui au Conseil supérieur de l'Instruction publique (1850), et l'Empire l'appela au Conseil municipal de Paris (1858) et le nomma l'année suivante grand officier de la Légion d'honneur.

Il publia dans cet intervalle son *Cours de Physiologie comparée* (1854), qui contient l'exposé de sa méthode; l'Ouvrage intitulé : *De la longévité humaine et de la quantité de vie sur le globe*, où il démontre son fameux théorème, *l'homme vit cent ans*, fondé sur cette remarque générale que tous les animaux vivent quatre fois le temps qu'ils mettent à croître; *Les éloges historiques*, de de Candolle, de Georges Cuvier, de Laurent de Jussieu, de Chaptal, de Dupetit-Thouars, de Benjamin Delessert, de Geoffroy Saint-Hilaire, de Magendie, etc., prononcés par lui devant l'Académie des Sciences; enfin son *Ontologie naturelle, ou Étude Philosophique des êtres* (1861).

Il fut atteint, trois ans avant sa mort, d'un commencement de paralysie, qui ne fit plus qu'augmenter chaque jour, il se retira alors à la campagne, ne vivant plus que pour sa famille, il conserva son intelligence jusqu'au dernier moment.

Outre ses Ouvrages didactiques, il a publié un grand nombre de notices et de Mémoires parmi lesquels nous citerons :

De l'instinct et de l'intelligence des animaux (1841); *Histoire des travaux de Georges Cuvier* (1841); *Examen de la Phrénologie* (1842); *Mémoires d'Anatomie et de Physiologie comparée* (1844); *Histoire des idées et des travaux de Buffon* (1844); *Théorie expérimentale de la formation des os* (1847); *De Fontenelle et de la Philosophie moderne relativement aux Sciences physiques* (1847); *De la découverte de l'action anesthésique du Chloroforme*, qui lui est due, pour la plus grande partie (1847); *Histoire de la découverte de la circulation du sang* (1851); *Édition des œuvres complètes de Buffon* (1853-1855); *Des manuscrits de Buffon et de ses collaborateurs* (1860); *De la vie et de l'intelligence* (1858); *De la Phrénologie et des études sur le cerveau* (1863); *Psychologie comparée, ou de la raison, du génie et de la folie* (1861); *Examen du livre de M. Darwin sur l'origine des espèces* (1864); *De l'unité de composition et du débat entre Cuvier et Geoffroy Saint-Hilaire* (1865).

Flourens s'est beaucoup occupé de l'histoire des travaux de ses devanciers, et tout le monde s'accorde à reconnaître qu'il l'a fait avec beaucoup de mesure et d'impartialité, s'attachant surtout à rendre pleine justice aux savants dont il a eu à poursuivre les recherches.

Claude Bernard succéda à Flourens à l'Académie française, voici comment il apprécie l'œuvre de son prédécesseur :

« Les expériences originales de M. Flourens sur le système nerveux sont le trait le plus saillant de ses investigations physiologiques et forment en même temps la base de toutes ses

études philosophiques. C'est aux expériences de M. Flourens que nous devons nos principales connaissances sur le siège de la conscience. Ses travaux viennent nous montrer la Physiologie dans ses rapports avec la Médecine. En étudiant le rôle du périoste dans la formation des os, il a ouvert une voie que la Chirurgie moderne a développée par d'importantes recherches et fécondée par d'heureuses applications. Enfin, il constata le premier les effets anesthésiques du chloroforme, qui fut bientôt substitué à l'éther. Il a ainsi attaché son nom à cette importante découverte dont il a contribué à répandre les bienfaits.

» Aux qualités du savant, M. Flourens joignait les qualités de l'écrivain. Par ce côté encore, il a rendu service à la Physiologie; il a inspiré le goût de cette Science et l'a fait aimer d'un public qui, sans lui, peut-être, ne l'eût jamais connue, il a popularisé ainsi la Physiologie et l'a rendue accessible à tous par le charme du style.

» A la fois savant, écrivain, professeur et doublement académicien, M. Flourens eut une vie des mieux remplies. Il devint un des physiologistes les plus renommés et les plus populaires de son temps. Une volonté ferme, orientée dans ses desseins par un caractère droit, par un esprit élevé, secondée par une heureuse habileté et soutenue par un grand travail, le fit arriver à la renommée qu'il avait rêvée dès sa jeunesse. Sa compagne si dévouée, si digne de le comprendre et de l'apprécier, s'était identifiée à sa vie intellectuelle, qu'elle agrandissait en lui dissimulant les soins même de l'existence. Il en était pénétré quand il répétait : « J'ai le cerveau trop occupé, il faut me faire vivre. » Mais il ne goûta les douceurs de la vie intime que lorsqu'il devait bientôt la quitter. Quand la maladie l'eut forcé à une retraite

complète, il disait avec quelque amertume : « Que n'ai-je plutôt » pensé à jouir de la vie de famille, au lieu de la sacrifier pour » d'autres, qui déjà ne pensent plus à moi. »

Il y a peut-être lieu, au sujet de ces derniers paragraphes, de faire la part de l'esprit de corps et des circonstances. Flourens était clair, sans doute, mais sans style; quant à orateur, il avait bien de la peine à rendre compte de la correspondance, je ne dirai pas sans faire bâiller l'auditoire, car il y parvenait, mais sans le faire fuir.

BABINET.

[Né à Lusignan (Vienne) en 1794, mort à Paris en 1872.]

Ancien élève de l'École Polytechnique et ancien officier d'artillerie démissionnaire; il professa les Mathématiques, d'abord en province, puis au Collège Saint-Louis, suppléa Savary au Collège de France en 1838, et remplaça Dulong à l'Académie des Sciences en 1840; il fut ensuite adjoint au Bureau des Longitudes.

Ses Ouvrages, qui embrassent diverses parties de l'Astronomie, de la Physique et de la Météorologie, consistent d'abord en de nombreux Mémoires adressés à l'Académie. Les principaux sont: *Mémoire sur la détermination de la masse de la planète Mercure* (1825); *Recherches sur les couleurs des réseaux* (1829), où M. Babinet, à l'aide d'un appareil très simple, mesure les déviations des raies des spectres produits par le phénomène des réseaux découvert par Fraunhofer; *Mémoire sur la détermina-*

tion du magnétisme terrestre (1829); *Mémoire sur la double réfraction circulaire* (1837), où M. Babinet signale l'inégale absorption des rayons ordinaire et extraordinaire; *Mémoire sur les caractères optiques des minéraux* (1837); *Mémoire sur le cercle parhélique, les couronnes, l'arc-en-ciel*, etc. (1837), dans lequel la théorie de ces météores est rectifiée et complétée en quelques points; *Théorie des courants de la mer* (1837 et 1849); *Mémoire sur la perte d'un demi-intervalle d'interférence dans la réflexion à la surface d'un milieu réfringent* (1839), etc., etc.

Ces notices sont en partie comprises dans les *Études et lectures sur les Sciences d'observation et leurs applications pratiques*, que M. Babinet faisait paraître à mesure et qui forment une série de huit petits volumes.

M. Babinet a inventé ou perfectionné divers appareils de Physique : on lui doit un polariscope, un goniomètre, un perfectionnement ingénieux qui facilite la lecture des variations de l'allongement du cheveu dans l'hygromètre; un robinet grâce auquel on a pu augmenter considérablement la puissance raréfactive de la machine pneumatique, etc.

Il a encore composé un élégant *Traité de Géométrie descriptive*, et a imaginé, pour la construction des cartes géographiques, un nouveau système de projection, dit *homalographique*, où les parallèles sont représentés par des droites, et les méridiens par des ellipses, et qui a l'avantage de conserver la proportionnalité des aires.

CAVÉ (FRANÇOIS).

(Né dans un village de Picardie en 1794.)

Après avoir été simple ouvrier puis soldat, il parvint à établir un vaste atelier occupant huit ou neuf cents ouvriers, et qui a fourni longtemps des machines à vapeur pour l'industrie, les bateaux circulant sur la Seine et même de grands navires.

DAGUET (THÉODORE).

(Né à Winppens (canton de Fribourg) en 1795.)

Il fut d'abord pharmacien au Locle, puis s'étant lié avec un fabricant de verre nommé Guinaud, qui possédait un secret pour la fabrication d'un verre très transparent, il s'associa avec lui, perfectionna le procédé et parvint à construire des objectifs d'une grandeur et d'une perfection inconnues avant lui. Il a obtenu, pour ce signalé service rendu à l'Astronomie, les grandes médailles d'or aux expositions de Paris (1867), de Londres et de Washington.

LAMÉ (GABRIEL).

(Né à Tours en 1795, mort à Paris en 1870.)

Il fut admis à l'École Polytechnique un des premiers de la promotion de 1815, et en sortit élève ingénieur des Mines. Appelé bientôt après en Russie, il fut chargé, avec quelques-uns de ses

camarades, Clapeyron entre autres, de diriger les grands travaux de viabilité dont l'empereur Alexandre avait compris l'importance en visitant la France. A son retour, en 1832, M. Lamé fut nommé professeur de Physique à l'École Polytechnique, et prit, comme ingénieur, une part active à l'établissement des chemins de fer de Paris à Saint-Germain et de Paris à Versailles (rive droite). La France était alors bien en retard sur les pays voisins, puisqu'elle ne possédait encore que le petit chemin à simple voie de Lyon à Saint-Étienne. M. Lamé a donc été l'un des premiers promoteurs de la révolution qui s'est faite dans nos moyens de transport.

Il a échangé, en 1845, sa chaire à l'École contre la place d'examinateur de sortie, pour la Physique d'abord, pour la Mécanique et les machines ensuite. Une surdité presque complète l'a obligé de donner sa démission de ce dernier emploi en 1863.

Nommé, en 1848, professeur de Calcul des probabilités à la Faculté des Sciences, il a illustré cette nouvelle chaire par la création d'une série de cours, en dehors du programme, sur la théorie mathématique de l'élasticité, sur la chaleur, sur l'analyse des fonctions elliptiques, etc. Il faisait partie de l'Académie des Sciences (section de Géométrie) depuis 1843.

Son *Cours de Physique à l'École Polytechnique*, publié en 1836, a opéré une révolution dans l'enseignement de cette Science, jusque-là abandonnée à des professeurs trop peu géomètres pour y porter le goût de la rigueur mathématique, sans lequel on ne saurait amener les théories à une forme définitive, et trop érudits pour abandonner la tradition d'anecdotes souvent insignifiantes.

M. Lamé, poussé en avant par l'esprit de rénovation qui l'ani-

mait, a peut-être un peu dépassé le but; mais son admirable talent d'exposition a d'abord fait accepter même ses écarts et a facilité l'expansion de l'heureuse influence qu'il devait exercer sur les progrès de la Science.

Ce savant s'est surtout distingué par ses Ouvrages de Physique mathématique et ceux où il traite de l'application des principes de la Mécanique aux phénomènes moléculaires.

Les principaux Ouvrages qu'il a laissés, outre son beau *Cours de Physique*, sont : *Leçons sur les fonctions inverses des transcendantes et les surfaces isothermes* (1857); *Leçons sur la théorie analytique de la chaleur* (1861); *Leçons sur les coordonnées curvilignes et leurs applications* (1859); *Leçons sur la théorie mathématique de l'élasticité* (1852); *Résumé de plusieurs discours préliminaires des Sciences exactes.* Tous ces Ouvrages ont une grande valeur scientifique et la plupart sont de véritables créations.

Lamé a aussi laissé un certain nombre d'importants Mémoires relatifs, principalement, à la théorie des nombres.

Dans les dernières années de sa vie, sa surdité l'avait complètement tenu à l'écart des travaux de l'Académie des Sciences.

DELAFOSSE (GABRIEL).

(Né vers 1795.)

Professeur de Minéralogie à la Faculté des Sciences de Paris et à l'École normale, membre de l'Académie des Sciences en 1857. Il s'est particulièrement occupé de Cristallographie. Les comptes rendus de l'Académie des Sciences contiennent de lui sur ce sujet

divers Mémoires dont les principaux sont : *Recherches sur la cristallisation* (1840) ; *Mémoire sur le plésiomorphisme des espèces minérales* (1851). Il a publié en outre des Ouvrages élémentaires : *Précis élémentaire d'Histoire naturelle ; Notions élémentaires d'Histoire naturelle; Nouveau cours de Minéralogie*, etc.

CARNOT (NICOLAS-LÉONARD-SADI).

(Né à Paris en 1796, mort en 1832.)

Fils aîné du grand Carnot. Il était élève de l'École Polytechnique en 1814, entra ensuite à l'École d'application de Metz, parvint au grade de capitaine du génie, et donna sa démission pour se livrer aux études scientifiques.

Il se proposait de faire une Science véritable de l'art si imparfait encore et purement empirique de la construction des machines à vapeur.

Ses *Réflexions sur la puissance motrice du feu* parurent en 1824. Cet Ouvrage lui mérita l'estime des savants, mais ne fit pas alors grande impression sur le public. C'est longtemps après sa mort que sa valeur nous fut révélée par l'attention qu'y donnèrent les nations étrangères.

Sadi Carnot était déjà regardé en Angleterre comme le promoteur d'une grande révolution dans la Mécanique, lorsque l'Académie des Sciences de Paris entendit parler de ses travaux.

Le théorème qui porte son nom est devenu une des bases de la thermo-dynamique.

POGGENDORF (JEAN-CHRISTIAN).

(Né à Hambourg en 1796, mort en 1877.)

Il publia en 1721 son premier travail intitulé : *Magnétisme de la pile de Volta*, où il décrit le multiplicateur ou galvanomètre dont il paraît être le premier inventeur.

Il devint en 1834 professeur de Physique à l'Université de Berlin, et en 1838 membre de l'Académie des Sciences de cette ville. Il a laissé une intéressante *Histoire de la Physique*, que MM. Bibart et de la Quesnaie ont traduite en français.

QUÉTELET (LAMBERT-ADOLPHE-JACQUES).

(Né à Gand en 1796, mort à Bruxelles en 1874.)

Il fut nommé à dix-huit ans professeur de Mathématiques au collège de sa ville natale, et, en 1819, professeur à l'Athénée de Bruxelles.

Quételet vint à Paris en 1824, chargé par son gouvernement d'y étudier le plan d'un observatoire à créer à Bruxelles. A son retour, en 1826, il fut chargé de la construction de cet observatoire et en reçut la direction, qu'il a conservée jusqu'à sa mort. En 1827 et 1828, Quételet parcourut les principaux États de l'Europe, recueillant dans ses voyages d'innombrables renseignements qui, classés avec méthode et complétés par tous ceux qui lui parvenaient du monde entier, lui permirent de publier des Ouvrages remarquables sur la Statistique. « Son principal titre de gloire, dit M. Flechey, est d'avoir été le créa-

teur de la Statistique dite morale. Jusqu'à lui, la Statistique ne s'était occupée que du dénombrement des objets matériels. Les questions de population, d'agriculture, d'industrie, etc., n'avaient donc pu être discutées par les économistes qu'à des points de vue relativement restreints. Quételet s'efforça le premier de dégager la vérité de ce chaos et rencontra dans la répartition et la succession des crimes une régularité qui le frappa. Il obtint le même résultat pour les mariages. »

Les travaux de Quételet en Géométrie sont dignes à plusieurs égards, de fixer l'attention. Nous en donnerons un aperçu rapide. Nous remarquons d'abord ce beau théorème que *la courbe d'intersection de deux surfaces du second ordre mise en perspective sur un plan, le point de vue étant sur la courbe, peut fournir toutes les courbes du troisième degré;* et cet autre analogue que *les ovales de Descartes s'obtiennent par la projection stéréographique de l'intersection de la sphère et d'un cône de révolution.* C'est à Quételet qu'est due la démonstration géométrique. aujourd'hui universellement adoptée, de l'identité des sections coniques avec les courbes du second degré. C'est lui qui a rattaché la construction des foyers et des directrices de la section à l'inscription au cône des deux sphères tangentes au plan de chaque section. Dandelin a depuis étendu la méthode de Quételet aux coniques considérées dans le cône oblique : les sphères inscrites doivent alors être remplacées par des ellipsoïdes tels que leurs contacts sur le plan sécant aient lieu en leurs ombilics. Mais le principal titre de Quételet se trouve dans ses recherches relatives à l'Optique. Les caustiques secondaires qu'il s'est appliqué à étudier (*Nouveaux Mémoires de l'Académie de Bruxelles*, t. III) sont les développantes des caustiques de Tschirnhausen; Quételet

montre qu'elles sont souvent plus faciles à déterminer que leurs développées, et il en découvre un grand nombre de propriétés curieuses. Nous citerons, entre autres, le théorème auquel M. Sturm est parvenu en même temps par une autre voie : *Deux cercles fixes étant tracés sur un plan, si le centre d'un troisième cercle de grandeur variable se meut sur la circonférence du premier et que son rayon reste toujours proportionnel à la distance de son centre à la circonférence du second*, *ce cercle mobile enveloppera la courbe formée de l'ensemble de deux ovales conjuguées de Descartes.*

Membre, depuis 1820, de l'Académie de Belgique, dont il devint le secrétaire perpétuel, Quételet était, en outre, associé de l'Académie des Sciences morales de Paris et de nombreuses sociétés savantes. En 1841, il avait été nommé président de la Commission centrale de Statistique. Les huit congrès européens de Statistique qui, depuis 1815, ont successivement siégé à Londres, à Paris, à Vienne, à Berlin, etc., et en dernier lieu à Saint-Pétersbourg (1872), ont tous choisi Quételet comme président effectif ou honoraire de leurs travaux. Lorsqu'il mourut, il était encore en pleine activité d'esprit et collaborait à la *Revue scientifique de la France et de l'étranger*. On doit à ce remarquable savant : *Astronomie élémentaire* (1826, in-12), plusieurs fois rééditée; *Recherches statistiques sur le royaume des Pays-Bas* (1830); *Projets de loi pour l'enseignement public en Belgique* (1832); *Recherches sur la reproduction et la mortalité* (1832, in-8°); *Statistique criminelle de la Belgique* (1832, in-8°); *De l'influence des saisons sur la mortalité* (1838, in-8°); *Lettres sur la théorie des probabilités appliquée aux Sciences morales et politiques* (1845, in-8°); *Du système social et des lois qui le*

régissent (1848, in-8°); *Sur la Statistique morale* (1848, in-8°); *Sur le climat de la Belgique* (1849-1857, 2 vol. in-4°); *Physique populaire de la chaleur* (1852, in-12); *Sur la Physique du globe* (1861, in-4°); *Histoire des Sciences mathématiques et physiques chez les Belges* (1865, in-8°); *Statistique internationale* (1865, in-4°); *Sciences mathématiques et physiques chez les Belges au commencement du* XIXe *siècle* (1866, in-8°); *Météorologie de la Belgique, comparée à celle du globe* (1867, in-8°); *Anthropométrie* (1872, in-8°), etc. En outre, on doit à Quételet d'intéressants Mémoires insérés dans la *Correspondance physique et mathématique de Belgique*, dans les *Annales de l'Observatoire* et dans d'autres recueils scientifiques. Il dirigeait depuis 1833 la rédaction de l'*Annuaire de l'Observatoire royal de Bruxelles*, dont la publication continue.

SAVARY (FÉLIX).

(Né à Paris en 1797, mort en 1840.)

Élève distingué de l'École Polytechnique, il fut, après sa sortie, chargé d'y professer le cours de Géodésie et de Machines, qu'il avait contribué à fonder.

Savary devint ensuite membre de l'Académie des Sciences et du Bureau des Longitudes. Le *Journal de Physique*, les *Annales de Chimie* et la *Connaissance des Temps* contiennent de lui des Mémoires intéressants. Il a publié à part : *Mémoire sur l'application du calcul aux phénomènes électro-dynamiques* (1823) et *Mémoire sur la détermination des orbites que décrivent au-*

tour de leur centre de gravité deux étoiles très rapprochées l'une de l'autre.

Si la santé débile de Savary ne lui a pas permis de fournir une longue carrière scientifique, il laissera cependant un souvenir durable par son théorème sur la courbure de la courbe engendrée par le mouvement d'un point lié à une courbe roulant sur une courbe fixe. Ce curieux théorème a pris, depuis la mort de Savary, une grande importance et sert aujourd'hui de base à des théories de Géométrie pure fort intéressantes.

DUHAMEL (JEAN-MARIE-CONSTANT).

(Né à Saint-Malo en 1797, mort à Paris en 1872.)

Il entra à l'École Polytechnique en 1814, un des premiers de la promotion, et en sortit en 1816, sans emploi, l'École ayant été momentanément licenciée. Il embrassa alors la carrière de l'enseignement libre, se fit recevoir agrégé en 1826, et fut nommé bientôt après répétiteur d'Analyse à l'École Polytechnique. Il n'a pas cessé depuis de faire partie du corps enseignant de cet établissement, où il a successivement occupé les places d'examinateur d'admission, de professeur d'Analyse et de Mécanique rationnelle, de directeur des études, de professeur d'Analyse, après 1851, enfin d'examinateur de sortie. Il a remplacé Poisson à l'Académie des Sciences, en 1840, a été fait chevalier de la Légion d'honneur en 1841, et promu au grade d'officier en 1861.

Outre un certain nombre de Mémoires sur différents points de l'Analyse transcendante et de la Mécanique rationnelle, insé-

rés dans le *Recueil de l'Académie des Sciences*, le *Journal de l'École Polytechnique* et le *Journal des savants*, il a publié à part : *Problèmes et développements sur diverses parties des Mathématiques*, avec M. Reynaud (1823); *Cours d'Analyse de l'École Polytechnique* (1840); *Cours de Mécanique* (1845); *De la méthode dans les Sciences de raisonnement* (1866, 2 vol.).

Les Mémoires originaux de M. Duhamel ont pu apporter quelques perfectionnements de détail à divers points de la théorie, mais ils ne laisseront évidemment qu'un souvenir très passager; aussi n'en parlerons-nous point.

M. Duhamel a été un professeur distingué; il a eu un système original qu'il a développé pendant de longues années avec une grande persistance et une conviction entière; ce système présente une grande homogénéité et, à ce titre, il est intéressant de l'examiner. M. Duhamel est franchement revenu à la féconde méthode de Leibnitz, dont une nouvelle échauffourée, après la grande bataille livrée par Lagrange, avait failli, vers 1835, nous éloigner une seconde fois.

Le but de ses efforts paraît avoir été de réduire à néant les objections proposées par Carnot et quelques autres géomètres à la théorie du Calcul infinitésimal.

Nous admettons volontiers qu'il y a réussi, jusqu'à un certain point, dans la forme, mais nous croyons que la difficulté, s'il en a jamais existé une, est restée au fond la même.

Le défaut que nous reprocherions à M. Duhamel est d'attribuer aux mots plus de valeur qu'ils n'en ont, et de croire que, avec des définitions suffisamment léchées, on peut éviter aux gens la peine de concevoir des idées. Il faudra toujours que les éduqués s'élèvent, comme ils le pourront, à la conception des

idées formulées par les éducateurs. La différence est déjà assez grande entre l'inventeur d'une idée et celui qui n'a qu'à l'accepter; il est impossible de réduire absolument à rien les difficultés de l'absorption des idées générales; en d'autres termes, les grands hommes peuvent bien exciter chez le vulgaire les facultés intellectuelles, mais ils ne sauraient ni les créer ni suppléer à leur défaut. Il serait plus simple de ne pas forcer les intelligences dans lesquelles on ne peut faire germer les hautes idées philosophiques qu'à la condition de les tronquer et de les diminuer, par la réduction impossible de leurs formules à des énoncés de théorèmes. Les esprits pour lesquels a été imaginée cette méthode n'arrivent tout au plus qu'à une notion assez nette des formules pour qu'ils puissent ne pas faire de confusion dans la pratique, mais des énoncés sans démonstration rempliraient le même but; quant aux esprits mieux doués, ils sont deux fois victimes d'un pareil enseignement, car, d'une part, on ne leur fournit même pas les idées qu'ils recherchent, et, de l'autre, on les oblige à suivre des démonstrations aussi fatigantes qu'inutiles.

A quels esprits, par exemple, ont jamais pu rendre service les prétendus théorèmes sur les limites : la limite d'une somme est la somme des limites des parties, la limite d'un produit est le produit des limites des facteurs, etc.?

M. Duhamel croyait à la possibilité de terrasser le sophisme, et il voulait bien consentir à lui livrer bataille. Il aurait pu réfléchir que les esprits faux ne pousseraient pas l'étude jusqu'à la lecture de ses Ouvrages.

Au reste, il ne tirait pas toujours la conséquence lumineuse des théories qu'il avait longuement échafaudées. Ainsi, après avoir tout fait pour arriver à cet important énoncé : une équation

différentielle de l'ordre m entre une fonction et sa variable, est une relation entre $m+1$ états consécutifs du phénomène étudié, infiniment voisins les uns des autres et équidistants entr'eux par rapport à la variable indépendante, il laisse à son lecteur le soin de tirer cette conclusion de tout ce qui précédait.

Il n'apercevait pas toujours les difficultés les plus frappantes : ainsi, après avoir amené son lecteur à faire la remarque qui précède, il entre dans la théorie du changement de variable indépendante, sans prévoir et réfuter cette objection toute simple que les $m+1$ états consécutifs dont il est question dans l'équation proposée, équidistants par rapport à une variable indépendante, ne le seront pas par rapport à une autre, que les $m+1$ états, liés entr'eux dans la nouvelle équation, ne seront, par conséquent, pas ceux dont il était question dans la première, et qu'on ne comprend guère l'escamotage des premiers et leur remplacement par les seconds.

Mais s'il n'apercevait pas toujours les difficultés réelles, il en voyait souvent d'imaginaires.

Ainsi après avoir développé $(\cos a + \sqrt{-1}\sin a)^m$ par la formule du binome et avoir obtenu le même produit sous une autre forme, à l'aide de la formule de Moivre, il ne s'apercevait pas que les deux calculs étant absolument identiques, sauf que dans l'un d'eux on avait réduit à mesure les produits des multiplications successives, les résultats finals devaient être aussi identiques, et il se croyait obligé, pour conclure, d'invoquer le prétendu principe de l'égalité des parties réelles et des parties imaginaires, dans les deux membres. Comme si ayant rempli soi-même deux bouteilles pareilles B et B′ d'un même vin, et deux carafes également pareilles C et C′ d'eau puisée à la même source, ayant d'ailleurs

placé à sa droite la bouteille B et la carafe C, puis à sa gauche la bouteille B′ et la carafe C′, après s'être bien dit et formellement répété que $B + C = B' + C'$, il serait nécessaire de recourir à Aristote pour oser conclure à

$$B = B'$$

et

$$C = C'.$$

Il a si complètement expliqué en trente pages le Calcul des variations, qui serait si clair en trente lignes, qu'il en avait fait une sorte d'épouvantail, dont on a dû délivrer les élèves. Cette théorie, pendant que j'étais à l'École, m'avait paru si obscure, si entortillée, dans le cours de M. Duhamel, que je me demandais alors s'il l'avait bien comprise lui-même.

KREIL (CHARLES).

[Né à Ried (Autriche) en 1798, mort à Vienne en 1863.]

Successivement attaché aux observatoires de Vienne, de Milan et de Raguse, nommé directeur de ce dernier en 1845, il a publié entr'autres : *Considérations sur l'influence de la Lune sur notre atmosphère* (1841).

SARRUS (PIERRE-FRÉDÉRIC).

[Né à Saint-Affrique (Aveyron) en 1798, mort à Strasbourg en 1858.]

Reçu agrégé des Sciences en 1823, il fut nommé bientôt après à la chaire d'Analyse de la Faculté des Sciences de Strasbourg, qu'il a occupée jusqu'en 1858.

Il donna d'abord une méthode très savante pour trouver, sans l'introduction d'aucune solution étrangère, quoique par le procédé du plus grand commun diviseur, l'équation finale résultant de l'élimination d'une inconnue entre deux équations algébriques de degrés quelconques.

Un travail plus important lui a valu, en 1842, le grand prix de Mathématiques. La question, mise au concours par l'Académie des Sciences, était d'étendre aux intégrales multiples la méthode des variations pour la recherche des maximums et minimums. Le Mémoire de Sarrus a été publié dans le *Journal des savants étrangers*.

On doit encore à Sarrus : *Mémoire sur la détermination des orbites des Comètes* (1843 ; *Méthode pour trouver les conditions d'intégrabilité d'une fonction différentielle* (1847), et divers opuscules.

CLAPEYRON (BENOÎT-PAUL-ÉMILE).

(Né à Paris en 1799, mort en 1864.)

Il sortit de l'École Polytechnique dans le service des Mines, se rendit en Russie sous la Restauration, et y fut employé comme ingénieur pour l'établissement des voies de communication. Rentré en France (1831), il devint successivement ingénieur en chef, professeur à l'École des Ponts et Chaussées et membre de l'Académie des Sciences, en remplacement de Cauchy (1858). On lui doit en partie la construction des chemins de fer de Versailles et de Saint-Germain. Il a publié, outre divers Mémoires scientifiques, des *Vues politiques et pratiques sur les travaux publics*

en France (1832, in-8°), avec MM. Flachat et Lamé, et un *Plan d'école générale et spéciale* (1833).

Le nom de Clapeyron restera immortel pour une découverte en apparence bien peu considérable, mais sans laquelle le transport par chemins de fer serait pour ainsi dire resté impossible, au moins sans les plus graves inconvénients.

L'addition de deux petits rebords au tiroir de la locomotive et l'invention conjointe de la coulisse, ont résolu complètement le problème de l'arrêt aux stations, du ralentissement de la marche et du renversement de la vapeur en cas de danger. Clapeyron a inventé le tiroir à renversement, qui permet la détente, et Stephenson, avec sa coulisse, a rendu la détente variable et le renversement possible.

JACKSON (CHARLES).

[Né à Plymouth (Massachussets) en 1805.]

Il découvrit, vers 1845, les propriétés anesthésiques de l'éther.

Il avait commencé par être commis marchand, mais avait pris bientôt goût aux Sciences naturelles; il cultiva d'abord la Minéralogie et la Géologie, puis étudia la Médecine à l'Université d'Harvard, où il prit le grade de docteur (1829); il vint alors à Paris pour compléter son instruction; il retourna aux États-Unis en 1832 et résida quelque temps à Boston, où il exerçait la Médecine.

Il entreprit peu après, dans les différents États de l'Union, une série d'explorations scientifiques dont il a consigné les résultats dans d'intéressants Ouvrages : *Minéralogie et Géologie*

de la Nouvelle-Écosse (1832); *Rapports sur la Géologie de l'État du Maine* (1837, 1839, 3 vol.); *Rapports sur la Géologie des terrains publics de l'État du Maine* (1837, 1838, 2 vol.); *Rapport sur l'exploration géologique de l'État de Rhode-Island* (1840); *Rapport sur l'État du New-Hampshire* (1841).

Sa découverte de l'anesthésie par l'éthérisation lui a valu des récompenses et des distinctions honorifiques de la part de tous les gouvernements des États de l'Europe. Il était sujet à des migraines très douloureuses, et, comme il avait remarqué à Cambridge, dans un laboratoire, l'effet stupéfiant produit accidentellement sur les assistants par la vapeur d'éther, un jour qu'il s'en était répandu un flacon, il eut l'idée, pour calmer ses douleurs, de recourir à l'inhalation de cette vapeur. Un dentiste nommé Morton, à qui il fit part de son observation, se servit avec succès, sur ses patients, de ce procédé nouveau. L'Académie des Sciences accorda le prix Monthyon aux deux amis, en 1850.

DUMAS (JEAN-BAPTISTE).

[Né à Alais (Gard) en 1800, mort en 1884.]

Comme beaucoup de chimistes illustres, comme Scheele, comme Gerhardt, comme Balard, il débuta par la Pharmacie, qu'il étudia de bonne heure dans sa ville natale. Les circonstances le conduisirent ensuite à Genève, où il perfectionna son éducation scientifique en étudiant la Botanique et la Médecine, concurremment avec la Chimie. De Candolle, dont il suivait les leçons, et Prévost le remarquèrent. Ce dernier l'associa même à

ses travaux sur le développement embryonnaire des animaux et les métamorphoses de l'ovule, sur la formation de l'urée dans toutes les parties du corps, et sur la physiologie du système nerveux, travaux qui sont restés célèbres. Mais déjà Dumas éprouvait une prédilection particulière pour les théories chimiques : « La *Statique chimique* de Berthollet m'a occupé, dit-il, pendant trois ou quatre années, depuis l'âge de dix-sept ans jusqu'à celui de vingt et un ans. J'ai lu, relu et médité ce livre; souvent je m'accusais de ne pouvoir le comprendre; mais, je le sais maintenant, c'était autant la faute de l'auteur que la mienne. Je le lisais la plume à la main, extrayant, réfléchissant, commentant ce travail; ces efforts, je dois en convenir, m'ont été fort utiles : c'est avec Berthollet que je me suis formé à la Chimie. »

A la fin de 1821, Dumas vint se fixer à Paris, où il apportait à Thénard plusieurs lettres de recommandation. Son ardeur, ses aptitudes scientifiques et sa vivacité intellectuelle frappèrent le maître, sur les instances duquel l'heureux jeune homme fut bientôt nommé répétiteur à l'École Polytechnique et professeur à l'Athénée.

Dès lors Dumas se consacra presque exclusivement à la Chimie. Voici comment Claude Bernard, dans son *Rapport sur les progrès de la Physiologie*, s'exprimait, en 1860, sur la détermination prise par notre illustre compatriote :

« Il y a quarante ans environ, un jeune physiologiste arrivait à Paris. Malgré sa grande jeunesse, il était déjà connu par des découvertes et des recherches de Physiologie expérimentale de premier ordre. Tout lui présageait le plus brillant avenir dans cette direction nouvelle de la Physiologie expérimentale, telle

que l'avaient conçue Lavoisier et Laplace; mais en considérant l'état de l'enseignement de la Physiologie relativement à celui des autres Sciences, et en voyant la carrière ingrate et sans issue dans laquelle il allait s'engager, M. Dumas se fit chimiste. Tel fut le seul motif de sa détermination. M. Dumas me l'a raconté bien souvent lui-même, quand, causant ensemble de la Science physiologique qu'il avait illustrée de si bonne heure et qu'il a toujours beaucoup aimée, je lui demandais pourquoi il avait préféré la Chimie. »

Dumas se maria, à peine âgé de vingt-cinq ans, avec M^lle^ Brongniart, fille de l'illustre et actif minéralogiste dont le crédit était alors si considérable. Un pareil mariage était une assurance d'avenir. Dumas profita des avantages de toute sorte que lui offrait sa nouvelle position, c'est-à-dire un entourage d'élite, des ressources nombreuses pour le travail, et ce fut pour lui un engagement permanent à s'élever plus haut. Thénard avait dit, en présentant Dumas à la famille Brongniart : « Je réponds de lui. » Ces espérances ne furent point démenties, car dès 1826 Dumas adressait à l'Académie des Sciences de fort beaux travaux que nous mentionnerons plus loin. La série de ces travaux s'augmenta désormais dans une proportion croissante par le nombre et par l'intérêt.

En 1832, Dumas fut nommé membre de l'Académie des Sciences; puis successivement professeur à la Faculté des Sciences de Paris, à la Faculté de Médecine et au Collège de France. C'est à la même époque qu'il fonda l'École centrale des Arts et Manufactures, destinée à un si brillant avenir.

En 1840, Dumas se trouvait être le chimiste le plus célèbre, le plus accrédité et le plus fortuné de son pays. Toutes les faveurs

que donnent la Science et la popularité, il les avait. Les honneurs politiques l'attendaient. Jusqu'en 1849, il avait été appelé officieusement dans les commissions de la Chambre des députés pour y aider à l'étude des projets de loi relatifs à la refonte des monnaies de billon, à la fabrication des papiers timbrés, à l'impôt sur le sel, sur le sucre, etc. A cette époque, il fut envoyé à l'Assemblée législative, où il se montra très dévoué à l'autorité et aux intérêts du prince-président. Chargé, au mois d'octobre 1850, du portefeuille de l'agriculture et du commerce, il ne le conserva que trois mois; mais, après le coup d'Etat, il fut un des premiers sénateurs nommés. Depuis son entrée au Sénat, Dumas s'abstint de toucher aux questions politiques proprement dites. Il n'aborda la discussion que dans les questions industrielles, commerciales ou scientifiques. C'est là, sur son terrain, qu'il se meut avec une aisance remarquable et qu'il trouve de temps à autre l'occasion de prononcer des discours aussi éclatants par la force que justes dans le fond.

La Société de Chimie de Londres a décerné à M. Dumas, en 1869, la médaille d'or qu'elle a instituée pour honorer la mémoire de Faraday.

Les premières recherches de M. Dumas, entreprises en collaboration avec M. Boullay, eurent pour objet la connaissance de la vraie constitution des éthers composés, constitution qui était restée jusqu'alors un véritable mystère. Les deux associés démontrèrent, dans un Mémoire publié en 1828, que ces corps sont des espèces de sels formés d'un acide et de la partie d'un alcool qui en représente le radical.

Peu d'années après, en distillant l'oxalate d'ammoniaque,

M. Dumas obtint l'oxamide, qui forme le premier type d'une classe de composés organiques devenue depuis très étendue, celle des Amides.

De même, en étudiant avec Péligot les produits de la distillation du bois, il y découvrit un corps présentant les plus grandes analogies avec l'esprit de vin et constitua bientôt après la famille des alcools, qui s'est tant accrue depuis.

Ainsi ses premiers efforts avaient pour résultat la constitution des théories des alcools, des amides et des éthers, qui forment la moitié des substances organiques.

Les découvertes que nous venons de mentionner dénonçaient des faits nouveaux, mais qui n'apportaient aucune innovation aux idées reçues. Les recherches entreprises ensuite par M. Dumas, de 1834 à 1840, sur les substitutions, apportèrent de profondes modifications aux théories les plus généralement admises dans la Science, en ruinant ce qu'il y avait de trop absolu dans la conception d'un dualisme nécessaire dans toutes les combinaisons. En étudiant les réactions du chlore sur la liqueur des Hollandais, sur l'essence de térébenthine, sur l'alcool, le vinaigre, etc., M. Dumas reconnut que le chlore peut se substituer, dans ces corps, à l'hydrogène, molécule pour molécule, sans en altérer ni la structure, ni les principales propriétés chimiques. Berzélius, qui tenait pour la conception dualiste, démontrée pour lui par les deux polarités électro-positive et électro-négative, résista d'abord longtemps, mais fut enfin obligé de céder.

C'est en étudiant l'action du chlore sur l'alcool, que M. Dumas découvrit le chloral, qui est devenu un des agents les plus précieux de la thérapeutique, parce que cette substance se décompose lentement, dans l'économie animale, en donnant naissance

à du chloroforme, dont les effets anesthésiques sont le plus souvent préférables à ceux que produit l'inhalation directe.

La théorie des substitutions, déjà si féconde et si étendue, conduisit bientôt après M. Dumas à une théorie encore plus générale, celle des types. M. Dumas range sous un même type chimique tous les corps qui manifestent les mêmes réactions fondamentales, ce qui n'arrive que dans les corps formés des mêmes nombres d'équivalents, associés de la même manière.

Les deux théories des substitutions et des types, développées depuis, l'une par Laurent et l'autre par Gerhardt, ne tardèrent pas à se confondre, et la conception nouvelle qui en est résultée forme la base des travaux de MM. Würtz, Williamson, Hoffmann, Kékulé, Cahours et de leurs disciples. C'est ainsi, par exemple, que M. Würtz est arrivé à définir une infinité de composés organiques analogues à l'ammoniaque, dont le type et les réactions sont identiques, et qui en dérivent par la substitution de quelques molécules de radicaux divers à pareil nombre de molécules d'hydrogène. Ces ammoniaques dérivés s'étaient fait connaître de tout temps par les odeurs fétides que répandent certaines substances animales ou végétales en décomposition, mais la nature en était totalement ignorée; on sait aujourd'hui les préparer.

Lorsque M. Dumas fut nommé professeur à la Faculté de Médecine, la nouvelle sphère où il se trouvait jeté imprima une nouvelle direction à ses travaux. Il crut se devoir à lui-même de prendre pour sujet de ses méditations les conditions générales de l'existence des êtres organisés, afin de compléter « les déterminations nécessaires aux spéculations de la Physiologie générale », et, dans cette voie nouvelle, il se signala encore par des coups de maître.

M. Dumas voulut d'abord reviser toutes les analyses antérieures de l'air, de l'eau et de l'acide carbonique, au sein desquels vivent tous les êtres organisés.

De longues et minutieuses expériences, entreprises avec M. Boussingault, établirent que 100 parties d'air sec, en volume, contiennent 20,80 parties d'oxygène et 79,20 d'azote. Les circonstances de température ou d'hydrométicité, de climat ou d'altitude restent sans influence appréciable.

Les deux expérimentateurs concluaient : « La composition de l'air atmosphérique n'a pas varié d'une manière appréciable depuis quarante années. Le rapport de l'oxygène à l'azote dans l'air n'est pas exprimé par des nombres simples en volume. Ce rapport est invariable au millième près, dans des latitudes éloignées, à des époques assez distantes et à des hauteurs fort différentes. »

C'est avec M. Stas que M. Dumas reprit l'analyse de l'acide carbonique. Ces Messieurs reconnurent que l'oxygène et le carbone y sont exactement associés dans le rapport de 8 à 3, en poids. Ils en conclurent que le poids atomique du carbone est rigoureusement 6.

Berzélius et Dulong avaient déduit de leurs analyses que l'eau contient 8008 parties d'oxygène, en poids, pour 1000 parties d'hydrogène. M. Dumas, à la suite de longues et minutieuses recherches, fut amené à conclure que la proportion exacte est celle de 8000 à 1000 ou de 8 à 1 ; de sorte que le poids atomique de l'hydrogène étant supposé 1, celui de l'oxygène serait rigoureusement 8.

M. Dumas entreprit ensuite, tantôt avec M. Boussingault, avec M. Cahours, avec M. Payen, une longue série de recherches

sur les principes immédiats qui entrent dans les tissus des animaux et des végétaux : l'albumine, la fibrine, la caséine, les graisses, etc. Ces Messieurs déterminèrent les proportions exactes de carbone, d'hydrogène, d'oxygène et d'azote que contiennent ces différentes substances; mais, chose plus importante, ils crurent reconnaître que les plantes seules peuvent produire les substances albumineuses et graisseuses qui passeraient donc directement des végétaux aux animaux.

C'est sur cette donnée, qui n'a cependant pas été complètement admise, que MM. Dumas et Boussingault basèrent leur lumineuse théorie de la connexité nécessaire des deux règnes végétal et animal, qu'ils développèrent avec tant d'attrait dans leur *Statique chimique des êtres organisés.* D'après ces Messieurs, ni l'un ni l'autre des deux règnes ne pourrait subsister seul. Il est bien certain, en effet, que chacun d'eux vicierait bientôt l'air de façon à le rendre impropre à entretenir la vie pour ses congénères, tandis que leurs actions contraires maintiennent dans notre atmosphère la constance des proportions d'oxygène, d'azote et d'acide carbonique ; il est certain, d'autre part, que les végétaux fournissent aux animaux la plus grande partie des substances albumineuses et graisseuses qui leur sont nécessaires, tandis que les animaux fournissent à la terre les engrais nécessaires aux végétaux pour se développer en abondance. D'après M. Dumas, le développement acquis par l'un des deux règnes déterminerait celui auquel l'autre pourrait prétendre. L'affirmation peut n'être pas rigoureusement exacte, mais l'idée est certainement fort intéressante.

M. Dumas succéda en 1868 à M. Flourens, comme secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences, et il remplit avec éclat ces

nouvelles fonctions jusqu'à sa mort. On lui doit un certain nombre d'éloges très remarquables, notamment ceux de Faraday, d'Isidore Geoffroy Saint-Hilaire et de Rumford.

L'esprit toujours actif de Dumas subit, à la fin de la carrière de cet illustre savant, une nouvelle impulsion que pouvaient faire prévoir quelques-uns de ses travaux antérieurs, que nous avons déjà mentionnés : la comparaison des nombres qui expriment les quantités des divers corps simples qui équivalent à une quantité donnée d'hydrogène, lui suggéra l'idée que les premières seraient des multiples exacts de la seconde ou d'une fraction simple de la seconde. Il tira de là cette hypothèse que tous les corps simples pourraient bien n'être que de l'hydrogène dans des états différents :

« La Chimie, dit-il, tend vers l'unité de la matière; elle n'y est point parvenue. De telles questions sont faites pour alimenter longtemps la dispute. Ceux qui s'en tiennent au présent peuvent dire : je suis sûr que l'unité de la matière n'est pas démontrée. Ceux qui croient qu'elle le sera peuvent se fortifier dans leur opinion, en contemplant le chemin parcouru depuis un demi-siècle et la pente insensible qui semble conduire à cette conclusion : quoiqu'il en soit et quelque parti que l'on prenne dans un tel débat, pourquoi le fermer? Il ranime pour le chimiste l'intérêt qui s'attache à la découverte de chaque nouveau corps simple; il excite les physiciens à l'étude comparative de leurs qualités les plus intimes; il convie les géomètres à appliquer, à tenter sur les molécules chimiques, véritables systèmes planétaires microscopiques, la puissance de ce calcul à qui les grands mouvements des corps célestes, assujettis par Newton et Laplace aux lois de la Mécanique, semblent ne plus offrir désormais d'obstacles. »

Enfin, les derniers travaux de M. Dumas, en 1871 et 1872, se rapportent à la fermentation, à ses modes et à ses agents. C'est ainsi qu'il a étudié l'action destructive exercée sur le sucre par la levure de bière : il a trouvé qu'il faut de 20 à 30 milliards des cellules contenues dans cette levure pour détruire 1 centigramme de sucre en une minute. Il a aussi étudié les substances qui peuvent arrêter ou empêcher la fermentation, et il a particulièrement remarqué, parmi ces substances, les borates et silicates alcalins, dont les propriétés antiseptiques sont effectivement utilisées aujourd'hui dans le traitement de certaines maladies infectieuses.

M. Dumas a puissamment aidé tous les jeunes savants qui s'adressaient à lui ou qu'il eut le talent de distinguer lui-même. Il a fait un grand nombre d'élèves, dont beaucoup sont devenus illustres : exemples Laurent et Gerhardt, MM. Würtz, Stas, Melsens, Leblanc, Cahours et Henri Sainte-Claire Deville.

Les principaux Ouvrages de M. Dumas sont : *Traité de Chimie appliquée aux arts*, comprenant 6 volumes avec planches, publiés de 1828 à 1846; *Précis de Chimie physiologique et médicale* et *Précis de l'art de la Teinture*, publiés en 1841 ; *Leçons de Philosophie chimique professées au Collège de France*, recueillies et publiées en 1837 par M. Bineau, et *Statique chimique des êtres organisés*, publiée en 1841. Les recueils scientifiques contiennent en outre, de lui, une infinité de Mémoires du plus grand intérêt.

Après la mort de Thénard, Dumas est devenu le président de la Société des Amis des Sciences.

Je dois personnellement la plus grande reconnaissance à M. Dumas, ainsi du reste qu'à son collègue M. Élie de Beaumont, pour avoir accordé, dans les Comptes rendus de l'Académie, la

plus large hospitalité à toutes mes communications, sans que j'aie eu jamais à la leur demander, autrement que dans mes lettres d'envois, et cela bien longtemps avant qu'on m'eût permis d'exister.

MELLONI (MACÉDOINE).

(Né à Parme en 1801, mort à Naples en 1853.)

Il était depuis 1824 professeur de Physique dans sa ville natale, lorsque les événements politiques l'obligèrent à s'expatrier en 1831.

Il se rendit d'abord en France, où il professa quelque temps à Dôle, et passa de là à Genève, où il commença ses belles découvertes sur le calorique rayonnant.

Il vint peu après à Paris pour y faire connaître ses travaux. Les Mémoires qu'il communiqua à l'Académie des Sciences furent, de la part de Biot, l'objet d'un rapport flatteur, et lui firent décerner par la Société Royale de Londres la grande médaille de Rumford. Quelque temps après, grâce à Arago et à Humboldt, qui intervinrent en sa faveur auprès du prince de Metternich, Melloni put retourner en Italie, devint en 1833 professeur de Physique au Bureau de Météorologie de Naples et fut nommé directeur du Conservatoire des Arts et Métiers de cette ville, place qu'il conserva jusqu'en 1848. Il vivait dans la retraite à Portici, lorsqu'il fut emporté par une attaque de choléra.

Melloni a créé presque à lui seul une nouvelle branche de la Physique, et l'une des plus intéressantes. C'est à lui que l'on doit la connaissance des principales lois de la chaleur rayonnante,

qu'il a expérimentées à l'aide de son *thermo-multiplicateur*. Cet appareil se compose essentiellement de la pile thermo-électrique de Nobili, à laquelle Melloni a eu l'idée de joindre un galvanomètre. Les premières piles thermo-électriques construites par Œrsted et Fourier étaient formées de petits barreaux alternés de bismuth et d'antimoine, soudés à la suite les uns des autres, en ligne droite ou en cercle. On y déterminait la naissance du courant en maintenant à une basse température les soudures de rangs pairs, par exemple, en échauffant les autres. M. Nobili a rendu la pile thermo-électrique à la fois plus puissante et plus commode en lui donnant une disposition plus heureuse, qui a permis d'en multiplier les éléments : il replie, parallèlement à leurs soudures, les barreaux consécutifs de bismuth et d'antimoine, de manière à former des plaques carrées contenant le même nombre de couples; puis il soude ces plaques les unes sur les autres, par leurs bords contraires, c'est-à-dire bismuth avec antimoine, de manière à en former un cube. Chaque barreau, bien entendu, reste séparé de ses deux voisins, par un petit intervalle vide, et de même les plaques consécutives, disposées parallèlement, ne se touchent que par les bords par lesquels on les a soudées. On isole en outre tous les couples les uns des autres, ainsi que toutes les plaques, au moyen de bandes et de feuilles de papier enduit de vernis. Dans cette ingénieuse disposition, toutes les soudures de rangs pairs forment une des faces du cube, et les autres la face opposée; la mise en action de la pile est ainsi rendue très simple et très commode. Le premier antimoine, qui forme le pôle positif, et le dernier bismuth, qui est le pôle négatif, portent des tiges de cuivre, que l'on peut réunir par un fil métallique pour fermer le circuit.

C'est à cette pile de Nobili que Melloni a ajouté un galvanomètre très sensible, gradué de manière à pouvoir donner la mesure de l'énergie variable du courant. L'appareil est tellement sensible, que la chaleur de la main, à un mètre de distance, produit une déviation très appréciable de l'aiguille du galvanomètre. Avant de commencer ses expériences, Melloni avait construit avec soin une Table des déviations de l'aiguille produites par des courants d'intensités comparables entre elles.

Il s'est d'abord occupé de refaire la Table des pouvoirs réflecteur et absorbant des différents corps. Entre autres résultats nouveaux auxquels il est parvenu, il a constaté que le pouvoir absorbant d'un corps varie avec la source de chaleur. Ainsi, le carbonate de plomb absorbe proportionnellement à peu près deux fois plus de chaleur lorsqu'elle est émise par l'une des faces d'un cube métallique rempli d'eau chaude, que lorsqu'elle est produite par une lampe.

Mais c'est par ses études sur les substances diathermanes que Melloni s'est surtout illustré. Il a reconnu que le pouvoir diathermane d'un même corps dépend d'abord de la nature de la source de chaleur, mais aussi de la nature et du nombre des écrans qu'elle a déjà traversés avant d'arriver au corps soumis à l'expérience. Ce pouvoir varie aussi, pour un même corps, avec le degré de poli de sa surface et avec l'épaisseur de la lame qui en est formée.

Le liquide qui paraît se laisser le plus facilement traverser par la chaleur est le sulfure de carbone; l'eau est l'un des moins diathermanes. Le sel gemme laisse passer presque toute la chaleur qui tombe sur sa surface, le verre en laisse passer sensiblement moins, le sulfate de cuivre l'arrête complètement. La trans-

parence et la diathermanéité, du reste, ne sont pas toujours associées; ainsi le cristal de roche enfumé conserve un pouvoir diathermane considérable. Le poli augmente la diathermanéité; l'épaisseur la diminue. La multiplication des écrans diminue naturellement la transparence pour la chaleur; mais il est assez remarquable qu'elle la diminue plus que ne le ferait l'accroissement correspondant d'épaisseur.

En comparant les pouvoirs diathermanes de diverses substances exposées successivement à la chaleur de deux lampes dans l'une desquelles seulement la flamme était entourée d'une verre, Melloni a reconnu ce fait remarquable, que la chaleur qui a déjà traversé le verre traverse, en général, plus facilement les autres substances.

Tous ces phénomènes nouveaux ont conduit Melloni, sur la nature complexe de la chaleur, à une hypothèse admise aujourd'hui, et d'après laquelle le calorique se composerait comme la lumière de rayons de natures diverses, qui peuvent coexister ou se propager isolément.

Ainsi, de même que chaque corps n'émet que des rayons de lumière d'une certaine teinte, de même chaque corps n'émettrait que des rayons caloriques d'une certaine nature. Pareillement, les corps diathermanes laisseraient passer une certaine espèce de rayons calorifiques et retiendraient les autres, comme les corps colorés transparents ne laissent passer qu'une sorte des rayons qui composent la lumière blanche.

COURNOT (ANTOINE-AUGUSTIN).

(Né à Gray en 1801.)

Étudia les Mathématiques au Lycée de Besançon et fut admis à l'École Normale en 1821. Il devint inspecteur-adjoint de l'Académie de Paris en 1831, professeur à la Faculté des Sciences de Lyon en 1834, recteur de l'Académie de Grenoble en 1835, inspecteur général en 1838, et recteur de l'Académie de Dijon en 1854. Il a pris sa retraite en 1862.

Il a donné une édition des lettres d'Euler à une princesse d'Allemagne, des traductions du *Traité d'Astronomie* de John Herschel, et des *Éléments de Mécanique* de Kater et de Zardem.

Il a en outre publié d'importants Ouvrages originaux concernant les principes mêmes de la Science. Ce sont :

Traité élémentaire de la Théorie des fonctions et du Calcul infinitésimal (1841); *De l'origine et des limites de la correspondance entre l'Algèbre et la Géométrie* (1847); *Essai sur les fondements de nos connaissances et sur les caractères de la critique philosophique* (1851); *Traité de l'enchaînement des idées fondamentales dans les Sciences et dans l'Histoire* (1861); plus quelques Ouvrages d'économie politique.

FIN DE LA DOUZIÈME PARTIE.

TABLE ALPHABÉTIQUE.

TABLE GÉNÉRALE.

DES TOMES I A XII

Paris. — Imp. Gauthier-Villars, 55, quai des Grands-Augustins.